

Effets des pratiques de gestion de l'enherbement sur la composition des communautés végétales non productives pour la lutte biologique par conservation des habitats en vergers d'agrumes à la Réunion

Etude basée sur une approche des traits fonctionnels des espèces végétales

Anne-Gaëlle LATERRIERE

Mémoire de fin d'étude

152^{ème} promotion

Année

2012/2013

Maître de stage : Fabrice LEBELLEC

Tuteur : Michel-Pierre FAUCON

Résumé

L'étude a été réalisée sur un ensemble de végétations herbacées non productives en vergers d'agrumes. Les sites ont été localisés chez six agriculteurs faisant déjà partie de projets du CIRAD, lieu du stage, situés dans le Sud de l'île de la Réunion. Le but fut tout d'abord d'identifier les traits des végétaux favorisant la survie, la présence, la reproductivité et l'efficacité sur les ravageurs des auxiliaires de culture. Plusieurs facteurs explicatifs de la composition en traits des communautés végétales furent envisagés, ils étaient de deux types : les pratiques pouvant avoir une influence sur la végétation étudiée et les conditions environnementales du relevé.

Une fois que la discrimination d'une communauté végétale par ces traits fut mise en évidence, l'étude a montré que les facteurs pouvant influencer le plus ces traits végétaux pourraient être les facteurs environnementaux. A partir de cela et de la perception des agriculteurs vis à vis de ces communautés végétales herbacées, des solutions potentielles d'amélioration du milieu, dans le but d'améliorer la lutte biologique, ont été approfondies : le travail du sol superficiel, l'apport de semences florales, l'implantation de haies et la réorganisation de la fauche. Ce mémoire a permis de démarrer un travail sur ce type d'approche fonctionnelle dans le cadre de la lutte biologique ce qui n'avait jamais été réalisé à ce jour et tente d'apporter des perspectives d'augmentation de l'efficacité et de la présence d'auxiliaires de culture au sein des cultures pérennes.

Mots-clés : Lutte biologique, Espèces végétales, Traits fonctionnels, Agrumes, Tropical

Abstract

The study was conducted on a set of non-productive herbaceous vegetation in citrus orchards. The sites were located in six farmers that was already part of CIRAD projects, located in the south of Reunion Island. The aim was firstly to identify plant traits favoring survival, presence, reproducibility and efficiency of beneficial insects. Several factors explaining the composition of plant communities traits were considered, they were of two types: practices of farmers that could affect the vegetation traits composition and environmental conditions.

Once the discrimination of a plant community with these features was highlighted, the study showed that the factors that may most influence these plant traits were environmental factors. From this and the perception of farmers towards these herbaceous plant communities, potentials solutions to improve the environment for insect for biological control were explored: superficial tillage, the contribution of flower seeds, the planting of hedges and reorganization of mowing. This memory is used to start work on this type of functional approaches in the context of biological control that has never been done before and tries to provide opportunities for improving rural environment to increase the efficiency and the presence of beneficial insects in perennial crops.

Key words: Biological control, plant species, functional traits, Citrus, Tropical

Remerciements

Je souhaite remercier toutes les personnes qui m'ont accueilli au CIRAD, dans la « petite » station de Bassin Plat, ainsi que tous ceux qui m'ont apporté leur lumière, leur aide qu'elle soit cérébrale ou physique :

En premier lieu, je remercie Fabrice LEBELLEC mon maître de stage. Pour son sujet innovant que j'espère il mènera plus loin, pour ces innombrables relectures, pour son aide à la réflexion des résultats, pour tous les documents qu'il m'a apporté, pour son accueil et pour son suivi tout au long de ces six mois de stage – et même plus -.

En second lieu, je souhaite remercier Claudric. Tu m'as permis d'avoir une première approche plus facile avec les agriculteurs, de mieux les comprendre. Tu m'as apporté beaucoup autant en réflexion qu'en discussions diverses et variées. Je te remercie également du temps que tu as pu m'accorder car je sais que comme Fabrice tu as un programme très chargé.

Je souhaite aussi remercier Christelle, sans qui j'aurais eu beaucoup de mal à faire tous ces calculs statistiques. Nos réflexions conjointes en plus de l'avis éclairé de Fabrice nous ont permis d'exploiter ces données.

Je remercie également tous ceux avec qui j'ai pu travailler, discuter, partager un repas le midi ou encore manger des chocolats. Je remercie les employés pour leur accueil, leurs conseils, les mangues, les agrumes, les ananas – je m'égare -, pour ces belles rencontres que je n'oublierai pas.

Je remercie également les agriculteurs qui ont pris un peu de leur temps pour me renseigner et qui se sont intéressés au projet.

Je souhaite faire une mention spéciale à mes collègues de bureau. Nous étions bien silencieuses mais ça ne nous a pas empêché d'avoir des discussions sympathiques.

A tous merci pour tout !

Anne-Gaëlle

Table des matières

Introduction	
Etat de l'art	
1. L'agrumiculture	10
1.1. Exigences pédoclimatiques	10
1.2. Marché mondial	10
1.3. Marché national	11
1.4. Marché régional : Ile de la Réunion	11
2. Bioagresseurs et ennemis naturels des agrumes	12
3. Réglementation et impacts de l'utilisation de produits phytosanitaire sur l'environnement.....	13
4. Modes de production et moyens de lutte contre les bioagresseurs	13
4.1. Les principaux modes de production	13
4.2. Moyens de lutte contre les bioagresseurs	14
5. Gestion des habitats non cultivés en milieu agricole pour favoriser la lutte biologique contre les ravageurs au travers d'une approche fonctionnelle.....	16
5.1. Services écosystémiques des habitats herbacés non cultivés au sein d'un territoire agricole	16
5.2. Services fournis par les habitats herbacés non cultivés dans le cadre de la lutte biologique par conservation contre les ravageurs	17
5.2.1. Lieu de refuge pour les auxiliaires.....	17
5.2.2. L'habitat en tant que sources de nourriture pour les auxiliaires	18
5.3. Surface et distance d'influence des habitats non cultivés sur la culture	22
5.4. Gestion des habitats non cultivés en milieu agricole	22
Matériel et Méthodes	
1. Sites d'étude	26
2.1. Relevés phytosociologiques	27
2.2. Mesure des traits fonctionnels	28
2.3. Données de caractérisation des milieux et enquêtes des pratiques.....	32
3. Traitements de données	34
Résultats et Discussion	
1. Résultats.....	38
1.1. Relevés phytosociologiques	38
1.2. Différences entre les parcelles pour la composition en traits favorables et la diversité des traits	39
1.3. Différences entre les relevés d'une même parcelle pour la composition en traits favorables	39
1.4. Différences entre les relevés pour la composition en traits favorables et la diversité en traits sous l'influence d'un déterminant.....	40
1.5. Vision des agriculteurs.....	43

2. Discussion	44
2.1. Réponses aux hypothèses de départ	44
2.2. Conclusion de la discussion	46
3. Idéotype d'habitat pour les vergers d'agrumes	47
3.1. Objectif de l'idéotype	47
3.2. Principales contraintes culturelles à prendre en compte	47
3.3. Gestion et manipulations possibles pour obtenir/conserver les services souhaités	48
4. Critiques et perspectives	50

Conclusion

Table des tableaux

Tableau 1: Traits fonctionnels et services fournis	21
Tableau 2: Localisation et altitude des sites d'études	26
Tableau 3: Localisation et altitude des sites d'études	27
Tableau 4: Types de limbes foliaires (Source : LAMBINON et <i>al.</i> , 2004)	30
Tableau 5: Traits favorables à la présence, à la survie et/ou à la reproduction des auxiliaires	32
Tableau 6: Liste des déterminants identifiés	33
Tableau 7 : Principales données issues des relevés phytosociologiques	38
Tableau 8: Résultats des tests de Krukall & Wallis (1) : différences entre les parcelles	39
Tableau 10: Résultats des tests du χ^2 : différences entre les relevés d'une même parcelle	39
Tableau 11: Résultats des tests de Kruskal & Wallis (2): influence d'un déterminant	40

Table des figures

Figure 1: Surfaces (en hectare) occupées par les cultures fruitières pérennes en 2000 à la Réunion (Source: QUILICI et <i>al.</i> , 2003)	11
Figure 2: Régions agricoles à la Réunion (Source : SAINT MACARY et <i>al.</i> , 2002)	12
Figure 3: Approches de la lutte biologique et présentation d'autres tactiques disponibles pour la gestion intégrée des ravageurs (Source : GURR et <i>al.</i> , 2004).	15
Figure 4: Interactions tri-trophiques (AGRAWAL, 2000)	15
Figure 5: Localisation des parcelles étudiées	25
Figure 6: Schéma explicatif	27
Figure 7 : Exemples de couleurs observables (Source : IDAO)	28
Figure 8: Exemples de morphologies observables (Source : IDAO)	29
Figure 9: Exemples de symétrie observables (Source : IDAO)	29
Figure 10 : Localisation et dessin d'un type de domatie (AGRAWAL, 2000)	29
Figure 11: Niveaux de pubescence	30
Figure 12: Glandes sécrétant du nectar extrafloral (Source : MIZELL, 2004)	29
Figure 13: Exemples d'espèces étalées ou dressées (Source : IDAO)	31
Figure 14: Gradient de recouvrement	30

Liste des abréviations, symboles et unités

ACP : Analyse en Composantes Principales

DOM : Département d’Outre-Mer

ECOFrut : nouveaux systèmes de culture ECOlogiques et durables pour des productions FRUitières de qualité en milieu Tropical - projet financé dans le cadre du FEADER à la Réunion

IFT : Indice de Fréquence de Traitement

NC : Non concerné

NEF : Nectar extrafloral

PIMAN : Production Intégré de Mangues, ANanas et autres fruits tropicaux – programme de recherche en partenariat Etat/Région Réunion/Europe

Glossaire

Arthropodes : Groupe d’insectes très diversifié regroupant plus d’un million d’espèces sur terre. Ils participent à la stabilité des écosystèmes par leurs actions de pollinisation, de décomposition de la matière morte et comme élément de base du réseau trophique (NOWAK, 2012).

Auxiliaire de culture : Ce terme regroupe les ennemis naturels des ravageurs de culture. Il regroupe à la fois les prédateurs et les parasitoïdes, certains pouvant être pollinisateurs (HARRINGTON et *al.*, 2010).

Biodiversité : Variété des organismes vivants peuplant la biosphère et des complexes écologiques dont ils font partie. (HARRINGTON et *al.*, 2010 ; FAURIE et *al.*, 2006).

Biomasse : C’est l’ensemble de la matière organique d’origine végétale ou animale (Actu-environnement.com). Par exemple la biomasse végétale comprend celle des feuilles, de la tige, des racines...

Diversité fonctionnelle : La gamme, les valeurs réelles et l’abondance relative des attributs fonctionnels de traits dans une communauté donnée (HARRINGTON et *al.*, 2010).

Fonction de l’écosystème : Caractéristique intrinsèque des écosystèmes liés à l’ensemble des conditions et des processus par lesquels un écosystème maintient son intégrité.

Ravageur de culture: Ce sont les parasites ennemis des plantes et arbres cultivés (FAURIE et *al.*, 2006). Ils peuvent aussi être qualifiés de proies (des auxiliaires) ou plus simplement d’herbivore.

Réseau trophique : C’est l’ensemble des chaînes alimentaires interconnectées qui est appelé réseau trophique. Il comprend les producteurs, les décomposeurs et les consommateurs de l’écosystème (LAROUSSE, date inconnue).

Trait fonctionnel : Caractéristique d’un organisme, qui a des liens démontrables avec la fonction de l’organisme (HARRINGTON et *al.*, 2010).

Préambule

Dans le cadre du mémoire de fin d'étude en Agriculture, Agroalimentaire et Environnement, en spécialisation Agroécologie, Sols, Eaux et Territoires de l'Institut Polytechnique LaSalle Beauvais, j'ai réalisé un stage au sein de l'unité de recherche HortSys (Fonctionnement agroécologique et performances des systèmes de culture horticole) au CIRAD de la Réunion du 15 janvier au 14 juillet 2013.

Ce mémoire présente une partie « état de l'art » suivie d'une expérimentation et de son analyse menée chez six producteurs d'agrumes de la Réunion. Le travail a été réalisé en milieu réel de production ceci afin d'être en accord avec les objectifs du programme de recherche portant ce travail (PIMAN) d'où découle le projet ECOFrut dont font partie les agriculteurs du mémoire.

Introduction

La Réunion est une île tropicale de l'Océan Indien dont une des cultures fruitières principales est la culture des agrumes. Les caractéristiques climatiques clémentes de l'île profitent aux auxiliaires de culture mais aussi à leurs ravageurs entraînant, bien souvent, le recours aux traitements phytosanitaires pour la maîtrise des bioagresseurs. De nos jours, ces méthodes de lutte sont très utilisées même si le contexte mondial (explosion démographique, problèmes sanitaires dus à l'utilisation de produits chimiques et dégradation de l'environnement) impose de nouveaux raisonnements pour la protection des cultures.

La protection intégrée est l'un des moyens de lutte pouvant être adaptés à ce contexte. Les techniques mises en œuvre ne cessent d'évoluer, elles limitent l'utilisation de produits phytosanitaires au strict minimum et s'approprient des préceptes de l'agriculture biologique et notamment celui de lutte biologique. Il est vrai qu'aujourd'hui l'importance de la biodiversité pour le fonctionnement des systèmes agricoles est de plus en plus évidente pour les agronomes (DEBRAS, 2007). C'est pour cela que la lutte intégrée s'appuie sur la prédation et le parasitisme qu'exercent certains organismes (certains acariens, syrphes, coccinelles...) sur les ravageurs de culture. Elle a pour but de diminuer les effectifs de ravageurs en dessous d'un seuil acceptable et économiquement viable pour l'agriculteur.

Le mémoire se base sur les préceptes issus de la lutte biologique par conservation et de gestion des habitats non cultivés en parcelle agricole afin de favoriser les relations de parasitisme et de prédation au sein des cultures. Les vergers étant des cultures pérennes, ils sont associés à une végétation herbacée spontanée gérée par l'Homme qui représente la diversité végétale du milieu et qui, par sa conservation, permettrait de maintenir voire d'attirer des insectes utiles dans la culture. Cette diversité floristique influencerait directement la diversité faunistique. Il a été choisi de se concentrer sur ces végétations dont la structure (composition en espèces, diversité fonctionnelle etc.) a évolué au cours du temps et, a sans doute été et est toujours influencée par les différentes pratiques de gestion des agriculteurs.

Ce présent mémoire fait un état des lieux des méthodes de gestion des végétations herbacées et de leurs influences en vergers d'agrumes. Il s'inscrit dans une première phase de connaissance de la relation entre ces pratiques de gestion de l'enherbement et la composition des communautés végétales de ces végétations herbacées. Nous proposons de caractériser les communautés végétales observées par leurs traits fonctionnels, lesquels permettront de soutenir la lutte biologique contre les ravageurs des agrumes à travers les services rendus aux auxiliaires comme leur fournir un abri, des sources de nourriture alternative... Nous entendons par trait fonctionnel, des caractéristiques d'un organisme, qui ont des liens démontrables avec la fonction de l'organisme. Ce sont des caractères qui peuvent être morphologiques, écophysiologiques et biochimiques, mesurables sur un seul individu et ce à plusieurs échelles. Ce sont les différences de stratégies

écologiques et la compétition entre espèces qui influent sur ces traits et créent une communauté diversifiée adaptée aux conditions du milieu (SARGENT et ACKERLY, 2007 ; GRIME, 2002) et pouvant affecter les propriétés de l'écosystème et notamment ses réseaux trophiques (PEREZ-HARGUINDEGUY et *al.*, 2013). Les végétaux en possèdent un nombre important que ceux-ci soient liés aux fleurs, à la tige, aux racines... (DE BELLO et *al.*, 2010 ; GARNIER et NAVAS, 2012) mais ces traits permettent avant tout une caractérisation allant au-delà de celle apportée par les espèces (GARNIER et NAVAS, 2012). Ils définissent la structure fonctionnelle d'une communauté qui sera basée sur l'abondance relative des traits trouvés dans une communauté (GARNIER et NAVAS, 2012) permettant ainsi la recherche de liens avec un service, ici la lutte biologique.

Dans le cadre de ce mémoire, nous nous poserons plus précisément les questions suivantes :

- Les communautés végétales peuvent-elles être discriminées par l'abondance et la diversité de traits fonctionnels facilement observables et favorisant le maintien des auxiliaires?
- Les pratiques de gestion de l'enherbement en verger d'agrumes modifient-elles la structure des communautés végétales et donc l'abondance des traits fonctionnels d'intérêt pour soutenir la lutte biologique contre les ravageurs?

Pour répondre à ces questions, ce mémoire sera articulé autour de 3 parties. La première constituera en un état de l'art porté par la thématique de ce travail et plus particulièrement sur la façon dont les traits fonctionnels associés aux communautés végétales herbacées peuvent contribuer à la lutte biologique des ravageurs des vergers d'agrumes. La seconde partie présentera et analysera les résultats d'une expérimentation menée chez 6 producteurs d'agrumes à la Réunion. Elle aura pour objectif d'évaluer si les pratiques de gestion des végétations herbacées courantes des producteurs influencent les communautés végétales et leurs traits fonctionnels. La dernière partie constituera la discussion autour des moyens à mettre en œuvre pour favoriser les traits fonctionnels d'intérêts en vergers d'agrumes. Elle s'appuiera sur les résultats des 2 parties précédentes mais aussi sur une enquête menée auprès des producteurs. Finalement, nous rédigerons un cahier des charges d'un idéotype d'habitats pour les vergers d'agrumes en vue de soutenir la lutte biologique, c'est-à-dire des moyens de gestion ou de manipulation pouvant mener à l'enherbement à porter les traits fonctionnels d'intérêt souhaités sans pour autant être préjudiciable à la culture et plus généralement créer des contraintes non acceptable par les producteurs.

Etat de l'art

1. L'agrumiculture

La culture des agrumes est une culture ancestrale, sa première domestication débuta en Asie dès 800 avant J.C. (Inde). En méditerranée elle sera mentionnée à partir du XIX^{ème} siècle (Italie) et en Afrique du Nord en 1850, alors que le reste de l'Afrique et l'Amérique en cultive déjà (CIRAD, 2012 (1)).

Le terme « agrumes » regroupe de nombreuses espèces des genres *Citrus*, *Fortunella* et *Poncirus*, faisant tous partis de la famille des Rutaceae.

1.1. Exigences pédoclimatiques

Les cultures d'agrumes apprécient particulièrement les sols filtrants et légèrement acides. C'est le porte greffe qui conditionnera la rapidité d'entrée en production, la résistance à certaines maladies mais également le rendement et la qualité des fruits.

Le travail du sol reste superficiel après la plantation, ceci dans le but de ne pas endommager les racines de l'arbre. L'entretien du verger (enherbement permanent, désherbage chimique ou mécanique) dépend pour sa part des contraintes pédoclimatiques et économiques de la parcelle et de l'exploitation.

L'irrigation en zone sèche s'avère indispensable et ces cultures, qui dans leur zone originelle sont fortement rythmées par les moussons, ont une période de croissance qui correspond à la saison chaude et humide.

Concernant les températures, elles sont idéales entre 21 et 30 degrés, en dessous de 13 et au-dessus de 35 degrés la production est fortement réduite (à -7 et à plus de 50 degrés, il y a de forts traumatismes).

(CIRAD, 1993)

Ces exigences font que les agrumes sont cultivés dans des régions tropicales ou subtropicales (Afrique (Afrique du Nord notamment), Asie, Méditerranée etc.) et font de la Réunion un lieu d'implantation adapté aux cultures agrumicoles.

1.2. Marché mondial

L'agrumiculture est la première production fruitière mondiale, elle produit près de 120 millions de tonnes d'agrumes par an. Plusieurs « familles » d'agrumes composent le marché: les petits agrumes, les oranges, les pomelos et les citrons, les deux premières étant les plus consommées (CIRAD, 2012 (1)).

L'évolution des marchés n'est pas très favorable à la commercialisation des agrumes (12 millions de tonnes commercialisées par an, le reste est autoconsommé) mais ils restent à la deuxième place du classement mondial des fruits les plus commercialisés après la banane (15 millions de tonnes commercialisées par an) (CIRAD, 2012 (1)).

La Chine, la zone Méditerranéenne et les Etats Unis sont les plus gros producteurs alors que les premiers importateurs sont dans l'ordre : la Russie, la zone Méditerranéenne et l'Allemagne. 25%

de la production est transformée et principalement au Brésil (50% des transformations) (FAO, 2012).

Du point de vue des échanges, les pays de la région méditerranéenne représentaient en 2010-2011, 63 % de la part du marché mondial avec plus de 7,5 millions de tonnes échangées.

En production d'agrumes c'est l'innovation variétale qui permet au marché des agrumes de se maintenir malgré la crise actuelle, mais de nombreuses maladies émergentes (comme le greening aux Etats-Unis) ne cessent de remettre en question la recherche sur les agrumes ce qui en fait un axe important de recherche dans le domaine de la phytopathologie du monde entier (CIRAD, 2012 (1)).

1.3. Marché national

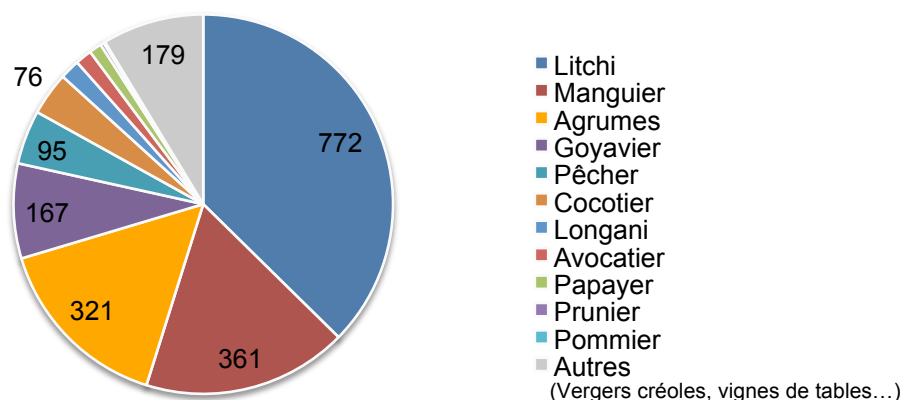
En France, la consommation d'agrumes est supérieure à 12 kilos par habitant et par an (CIRAD, 2012 (1)) alors que le pays en produit peu. Dans l'Europe des 27, en 2010, la production française ne représentait que 40 500 tonnes sur les 11 104 776 tonnes produites dans l'Union Européenne des 27, soit moins de 4% sur 3808 hectares (valeur de 2010). Par comparaison, cette année-là l'Espagne produisait presque 6 millions du tonnage obtenu (COMMISSION EUROPEENNE, 2012).

La forte consommation et la faible production impliquent une forte importation des agrumes en France qui provient essentiellement de la zone Méditerranéenne (Espagne, Israël etc.).

1.4. Marché régional : Ile de la Réunion

A la Réunion, le système de culture cannier occupe 2/3 des 47 000 hectares de la surface agricole utile. Cependant, depuis un peu plus de 20 ans, il y a un fort essor des cultures maraîchères et fruitières de l'île. En 2012, il y avait environ 2 400 hectares de culture fruitière sur l'île, les agrumes représentant 400 hectares (230 producteurs) de cette surface avec une production de 6300 tonnes par an (QUILICI et al., 2003 ; MUSSIA, 2012). Entre 2010 et 2011, le nombre de grandes exploitations maraîchères et horticolas a doublé à la Réunion (AGRESTE, 2011). Ce qui fait de la culture d'agrumes une culture qui reste d'avenir dans l'île (Figure 1).

Figure 1: Surfaces (en hectare) occupées par les cultures fruitières pérennes en 2000 à la Réunion (Source: QUILICI et al., 2003)



La répartition des cultures se fait de manière longitudinale et altitudinale à la Réunion car les reliefs, malgré la petite surface de l'île, lui procure des conditions pédoclimatiques et des écologies variées. On retrouvera les cultures fruitières principalement dans le Sud de l'île (SAINT MACARY et *al.*, 2002). Nos 6 vergers étaient situés dans cette région Sud, dans la zone L où l'on retrouve la canne, les fruitiers et le maraîchage (Figure 2).

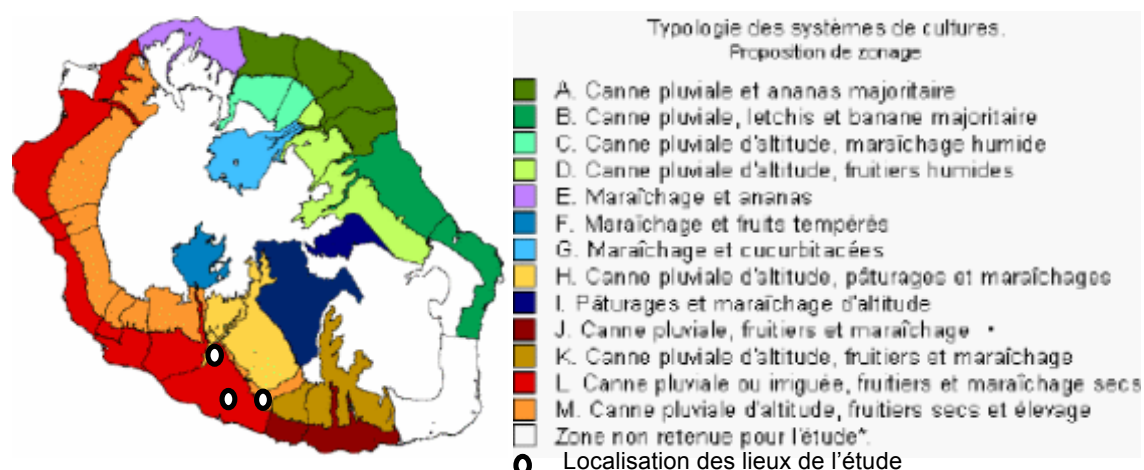


Figure 2: Régions agricoles à la Réunion (Source : SAINT MACARY et *al.*, 2002)

La situation du monde agricole et de l'agrumiculture à la Réunion est telle qu'aujourd'hui de nombreux bioagresseurs (maladies et ravageurs) s'installent et se développent au détriment des exploitations.

2. Bioagresseurs et ennemis naturels des agrumes

Les bioagresseurs peuvent causer des pertes alimentaires importantes avant la récolte. Ils attaquent la biomasse végétale, induisant une diminution de la fitness et de la croissance des plantes endommagées (NORRIS et KOGAN, 2005). Ces pertes de récolte à l'échelle mondiale sont évaluées à 30% de la production (FAURIE et *al.*, 2006) mais à une échelle plus locale elles peuvent atteindre 100% de la récolte. Ces bioagresseurs peuvent être plus ou moins bien régulés par leurs ennemis naturels si les conditions du développement de ces derniers sont propices. Nous limiterons notre étude aux principaux arthropodes ravageurs et auxiliaires des systèmes de culture agrumicoles à la Réunion, la liste étant présentée en annexe (Annexe A et B).

Les arthropodes auxiliaires de culture peuvent être classés en trois groupes fonctionnels : les pollinisateurs (lépidoptères, hyménoptères, coléoptères, diptères etc.), les prédateurs (coléoptères, hétéroptères, névroptères, diptères, acariens...) et les parasitoïdes, les deux derniers contrôlant les ravageurs (FAURIE et *al.*, 2006) et étant intéressants dans le cadre de la lutte biologique. Les prédateurs peuvent être généralistes ou spécialistes d'un ennemi naturel.

Il existe de nombreux auxiliaires à la Réunion (plus d'une centaine) appartenant à trois taxons différents : acariens, araignées et insectes (coléoptère, diptère, hémiptère, hyménoptère et névroptère principalement). C'est pour cela qu'on ne présentera qu'une liste non exhaustive correspondant à des auxiliaires généralistes prédateurs ou parasitoïdes ayant des champs d'action particulièrement efficaces en vergers d'agrumes à la Réunion.

En considérant leur efficacité (QUILICI et *al.*, 2004), près de 40 espèces d'auxiliaires sont identifiées et renseignées en annexe (Annexe E). Ces espèces font partie de certains groupes d'auxiliaires qui seraient à favoriser : phytoseiids (**Acarien**), coccinelles (**Coléoptère**), syrphes (**Diptère**), aphelinidae / braconides / encyrtidae / eulophidae / pteromalidae (**Hyménoptère**), chrysopes / hémiptères (**Névroptère**).

3. Réglementation et impacts de l'utilisation de produits phytosanitaires sur l'environnement

Pour lutter contre les bioagresseurs diverses méthodes existent aujourd'hui mais la plus couramment utilisée est la lutte chimique, l'utilisation de produits phytosanitaires. Cependant, à cause de la dégradation de l'environnement notamment par ce moyen de lutte et suite au Grenelle de l'environnement, un plan d'action a été décidé : Ecophyto 2008-2018. Celui-ci vise à la réduction de moitié de l'usage des pesticides et au retrait de 53 substances considérées comme extrêmement dangereuses qui entrent dans la composition de 1 500 produits phytosanitaires, 30 de ces substances ayant déjà été retirées en 2008.

Des mesures spécifiques aux DOM, et donc à la Réunion, existent (Ecophytodom) et ont pour objectif de diminuer de manière conséquente les intrants, de sécuriser les pratiques, d'établir des programmes de recherche sur la lutte biologique...

L'utilisation des pesticides est en théorie ciblée afin de ne pas impacter les organismes non concernés, mais en pratique il y a des dérives sur les milieux. Les pesticides peuvent toucher des pollinisateurs mais aussi d'autres auxiliaires (RICHARDS, 2001 ; SANFORD, 1992). De plus, la lutte chimique contre les ravageurs entraîne des problèmes de résidus, des phénomènes de résistance et a un impact négatif fort sur la vie des auxiliaires et sur l'environnement (SAHAROUÏ et HEMPTINNE, 2009 ; BRUN et *al.*, 1983). L'omniprésence des pesticides dans les systèmes de production limite la réussite de la lutte biologique (LANDIS et *al.*, 2000). De plus l'utilisation fréquente de produits phytosanitaires augmente les coûts de lutte mais entraîne aussi des risques pour la santé humaine (KOBAYASHI (2), 2003). Il est donc nécessaire de diminuer les intrants afin d'améliorer l'efficacité de la lutte biologique et de respecter les nouvelles mesures.

Un exemple concret à la Réunion des limites à l'utilisation des intrants phytosanitaires, est celui de la pollution des eaux. L'Est (plus grande ressource en eau de l'île) et le Sud ont des eaux polluées, principalement des eaux de surface, de façon chronique par des molécules d'herbicides. 60% des prélèvements effectués dans la nappe phréatique révèlent une contamination par des pesticides et des nitrates. On retrouve aussi dans l'eau des molécules interdites depuis de nombreuses années probablement à cause de leur déstockage du sol Réunionnais par lixiviation (PRESSECOLOGIE, 2011). Les sols sont donc déjà pollués par ces intrants.

Dans cette situation, il devient primordial de trouver des alternatives à l'utilisation des produits phytosanitaires dans la lutte contre les bioagresseurs. L'objectif est de protéger l'environnement et de limiter les risques de pollution. Il est alors intéressant de se baser sur un levier qui durera dans le temps et qui respectera ces conditions car l'enjeu réside aujourd'hui dans des moyens techniques permettant à la fois de protéger les ressources naturelles et de conserver la rentabilité économique.

C'est la réglementation, constamment en évolution, qui contraint les producteurs à modifier leurs pratiques et à développer de nouveaux modes de production plus respectueux de l'environnement et de la santé humaine.

4. Modes de production et moyens de lutte contre les bioagresseurs

4.1. Les principaux modes de production

La gestion intensive des agroécosystèmes est la principale manière de produire en Europe (HARRISON et *al.*, 2010) (Annexe D). Dans cette agriculture productiviste, il faut recourir à la protection des cultures face à l'attaque des ravageurs et, pendant longtemps, il a été considéré que

la lutte chimique était la plus efficace (DEBRAS, 2007). Ce sont les conséquences de leur application qui forcent aujourd'hui à trouver d'autres méthodes de lutte. En effet, les problèmes sanitaires, environnementaux et de résistance des ravageurs, poussent à l'utilisation de nouvelles méthodes (GRAFTON-CARDWELL et al., 1999) sans compter que les larges spectres d'action des produits phytosanitaires en font des produits toxiques pour des espèces non cibles (et même bénéfiques) et pour la biodiversité en général (VILLENAVE, 2006).

C'est cette agriculture intensive associée à l'utilisation excessive de produits chimiques qui a entraîné la perte de la faune sauvage dans les cultures (auxiliaires comme ravageurs). C'est la combinaison de la simplification de la production, la suppression d'éléments non cultivés et l'utilisation de produits chimiques qui en est la principale cause (GURR, 2004).

Aujourd'hui, il existe des modes de production alternatifs visant à la réduction ou au raisonnement de l'utilisation des pesticides en France : l'agriculture raisonnée (AR), l'agriculture biologique (AB) et la production intégrée. Les deux premiers possèdent un cahier des charges strict dont le suivi abouti à une certification officielle soit à l'échelle de l'exploitation pour l'AR soit à l'échelle de la (ou des) parcelle(s) pour l'AB.

Considérant précisément et seulement la lutte contre les bioagresseurs, le cahier des charges de l'AR a pour principal but de préserver l'activité de la faune auxiliaire. La présence de ravageurs est tolérée mais si les colonies dépassent le seuil économiquement acceptable par l'agriculteur, celui-ci peut les traiter via des produits chimiques. Le produit sera sélectif ou s'il ne l'est pas sera appliqué sur une surface réduite du verger (QUILICI et al., 2003). Ce mode de production implique une observation avant tout traitement, car chacun d'entre eux doit être justifié (CTA, 2008).

Le mode de production intégrée est proche de l'AR mais est plus précis sur les moyens de protection à mettre en œuvre. Il utilise des concepts de l'agriculture biologique mais ne s'interdit pas, si cela est nécessaire, l'application de traitements phytosanitaires (respectant aussi un cahier des charges) mais avec des techniques respectueuses de l'environnement (COLIGNON et al., 2004 ; QUILICI et al., 2003). Ce sont des tactiques de gestion des bioagresseurs. Le but n'est pas d'éradiquer mais de maintenir les populations de bioagresseurs en dessous d'un seuil considéré acceptable par l'agriculteur (CTA, 2008). Ce mode de production vise à remplacer autant que possible les intrants de synthèse par d'autres interventions (BERTRAND et DORE, 2008). Cette agriculture est au cœur des enjeux mondiaux (alimentaire, biologique, économique, scientifique et technique). Elle a pour but de conjuguer économie agricole et écologie (OLIVIER, 1988 ; VILLENAVE, 2006).

En dernier lieu, il y a l'agriculture biologique où l'utilisation de produits chimiques de synthèse est interdite et où les méthodes de production suivent un cahier des charges strict (LE BUANEC et al., 2010).

4.2. Moyens de lutte contre les bioagresseurs

Différents moyens de lutte contre les bioagresseurs peuvent être utilisés dans le monde agricole. Ils peuvent être chimiques, physiques ou encore biologiques.

La lutte chimique vise à attaquer un organisme lors de sa période de nuisibilité. Cette lutte est associée à l'utilisation de produits phytosanitaires (fongicides et insecticides) qui peuvent être mortels ou juste répulsifs pour le bioagresseur visé (LE BUANEC et al., 2010).

La lutte physique se base sur l'effeuillage, la capture des insectes, la pose de filets de protection... Tout élément physique permettant d'empêcher ou de limiter l'attaque de la culture par les ravageurs.

La lutte biologique se base sur les systèmes de prédation entre les auxiliaires et les ravageurs. Cette technique est un complément aux mécanismes de défense déjà présents chez la plante

(CORTESERO et al., 2000) mais qui ne suffisent pas à sa protection. La lutte biologique est une des techniques de base (FAURIE et al., 2006) de la protection intégrée et se fait entre autre par la conservation de ce contrôle (Figure 3). (Annexe E)

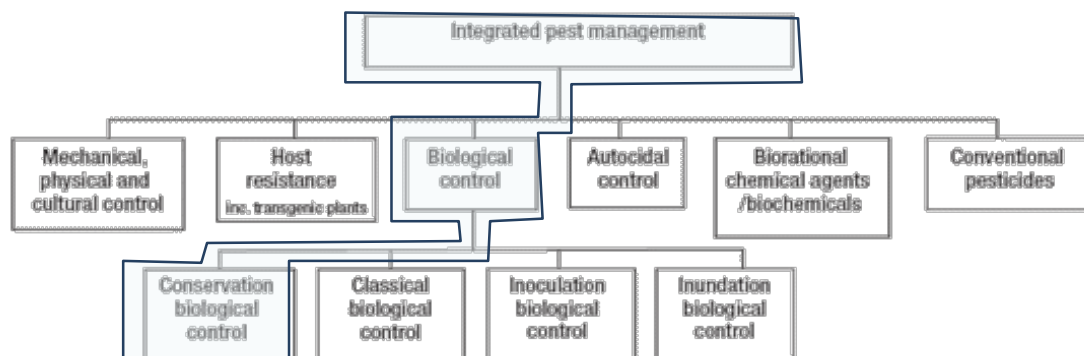


Figure 3: Approches de la lutte biologique et présentation d'autres tactiques disponibles pour la gestion intégrée des ravageurs (Source : GURR et al., 2004).

C'est la volonté d'exploitation de la biodiversité faunistique qui contribue à la modification des pratiques et à la diminution de l'utilisation des insecticides dans le but de favoriser l'action des auxiliaires sur les ravageurs (DEBRAS, 2007). Ce type de lutte a des avantages (coûts, environnement) mais a une réponse moins directe à l'infection que celle de la lutte chimique (CTA, 2008). En effet, l'auxiliaire vie souvent au dépend de sa proie, c'est pour cela que lorsque les populations de ravageurs se développent il y a un temps de latence pendant lequel l'exploitant devra tolérer leur présence avant que l'action des auxiliaires ne démarre (RONZON, 2006).

Les auxiliaires vivent également au dépend de leur environnement. Ils ont des relations entre les composantes de l'environnement qui sont régis par des réseaux trophiques et notamment si l'on considère la lutte biologique, ils font partie intégrante d'un réseau tri trophique. Dans les relations de ce type, la modification d'un niveau trophique entraîne la modification de la composition fonctionnelle dans un niveau trophique associé et donc des services écosystémiques qui leur sont associés. La chaîne est rompue et les bénéfices apporté par la prédation, par la pollinisation, par la couverture végétale... sont diminués voire supprimés (DE BELLO et al., 2010) (Figure 4).

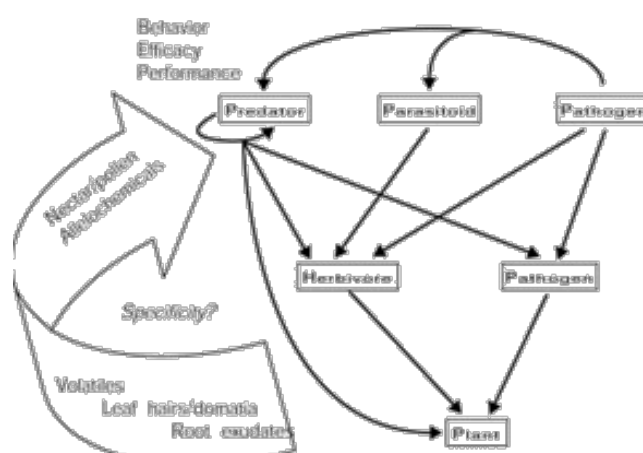


Figure 4: Interactions tri-trophiques (AGRAWAL, 2000)

L'un des buts de la lutte biologique est de créer un habitat favorable à la présence des auxiliaires dans les environs de la culture et cela tout au long de l'année et, d'apporter et de maintenir les services écosytémiques du milieu. Il faut que cet habitat remplisse les fonctions nécessaires à la vie des auxiliaires. Il devra être géré et conservé afin de maintenir la lutte biologique dans le temps car il a été montré que des perturbations chimiques et mécaniques d'un milieu mènent à la diminution

de l'abondance et de la diversité des insectes utiles ainsi qu'à une altération des fonctions que remplit l'habitat (GILLER et *al.*, 1997).

5. Gestion des habitats non cultivés en milieu agricole pour favoriser la lutte biologique contre les ravageurs au travers d'une approche fonctionnelle

En écologie, un habitat est défini comme un élément ou un ensemble d'éléments du paysage présentant des ressources permettant la survie des individus d'une espèce (ou d'une communauté d'espèce). Cette notion d'habitat n'implique pas une viabilité à long terme pour l'espèce qui y vit, mais au moins une viabilité à court terme, jusqu'à la prochaine perturbation. Les habitats non cultivés sont des environnements plus stables dans le temps et plus hétérogènes que les éléments cultivés et s'avèrent donc prépondérants lorsqu'il s'agit de promouvoir des systèmes de culture durables basés sur la lutte biologique contre les bioagresseurs des cultures (LANDIS et *al.*, 2000 ; GURR et *al.*, 2004). Il existe divers habitats potentiels comme les haies, les jachères ou les cultures intercalaires (GURR et *al.*, 2004). Dans ce travail, les habitats herbacés non cultivés pouvant être facilement manipulés par les producteurs à l'échelle de leur parcelle ont été plus spécifiquement étudiés : bandes enherbées, les enherbements inter-rang des vergers, les bandes fleuries, etc. Ce type d'habitats est en effet plus facile à mettre en place mais aussi à supprimer (HAUSAMMANN, 1996) qu'une haie par exemple.

5.1. Services écosystémiques des habitats herbacés non cultivés au sein d'un territoire agricole

En 2003, le Millennium Ecosystem Assessment a défini une liste des services écosystémiques qui peuvent soutenir directement ou indirectement la survie et la qualité de vie de l'Homme : les services d'approvisionnement, de régulation, de soutien et culturels. Les habitats non cultivés en milieu agricole permettent de contribuer aux services d'approvisionnement et de régulation (FIEDLER et *al.*, 2007 ⁽¹⁾). Lorsqu'ils sont préservés et peu perturbés, ils favorisent la survie des auxiliaires de culture permettant ainsi d'améliorer la pollinisation et/ou de lutter contre les bioagresseurs. D'après la FAO (2007), c'est à la fois le maintien des pollinisateurs et la lutte biologique qui permettrait de maintenir les rendements des cultures tout en réduisant les intrants chimiques. BOMMARCO et *al.* (2012) précisent quant à eux que les méthodes de lutte intégrée contre les bioagresseurs et l'augmentation, en quantité et en qualité, des habitats non cultivés permettent d'augmenter considérablement l'efficacité de la lutte biologique en milieu agricole. Le développement et la préservation de ces habitats en milieu agricole semblent donc prépondérants entre autre parce qu'ils participent à la résilience des agro-écosystèmes. En effet, dans un milieu naturel, la diversité biologique fait qu'il n'existe pas de déséquilibre des interactions entre les espèces d'un même milieu (BERTRAND, 2001) d'autant plus qu'il semble qu'au sein d'une communauté, même si l'abondance en espèce végétale est importante, c'est la diversité d'espèces qui semble plus positive (REBEK et *al.*, 2005). A l'inverse, une monoculture, uniforme dans l'espace et dans le temps, favorise des invasions rapides de bioagresseurs expliquées par une faible biodiversité de ces milieux cultivés (GURR et *al.*, 2004 ; SCHMIDT et *al.*, 2004). La complexification du paysage en milieu agricole augmente la biodiversité au sein des agroécosystèmes et stimule l'efficacité, l'abondance et la diversité des auxiliaires de culture (BOOJI et NOORLANDER, 1992). Dans ces conditions cette biorégulation des bioagresseurs est nommée lutte biologique par conservation des habitats (LANDIS et *al.*, 2000).

5.2. Services fournis par les habitats herbacés non cultivés dans le cadre de la lutte biologique par conservation contre les ravageurs

Les habitats herbacés, lorsqu'ils ne sont pas ou peu perturbés, fournissent aux auxiliaires de culture des conditions favorables à leur survie et leur développement ainsi qu'un **refuge** dans lequel ils pourront facilement s'abriter mais aussi se déplacer et trouver des **sources de nourritures** complémentaires. Souhaitant favoriser une approche générique, la fourniture de ces services a été abordée par une approche basée sur les traits fonctionnels des plantes composant cet habitat et correspondant à des services. A ce jour, peu d'études font le lien entre ces traits, leurs fonctions et le fonctionnement des habitats (DE BELLO et *al.*, 2010).

Pour rappel, nous considérons qu'un trait fonctionnel est une caractéristique d'un organisme, qui a des liens démontrables avec la fonction de l'organisme et que ce sont les différences de stratégie et la compétition entre espèces qui influent sur ces traits et créent une communauté diversifiée (par exclusion compétitive) adaptée aux conditions du milieu (simplification et filtrage par l'habitat) (SARGENT et ACKERLY, 2007) et pouvant affecter les propriétés de l'écosystème et notamment ses réseaux trophiques (PEREZ-HARGUINDEGUY et *al.*, 2013). Ces traits permettent avant tout une caractérisation allant au-delà de celle apportée par les espèces (GARNIER et NAVAS, 2012). Ils définissent la structure fonctionnelle d'une communauté qui sera basée sur l'abondance relative des traits trouvés dans une communauté (GARNIER et NAVAS, 2012). L'analyse s'est focalisée sur des traits fonctionnels facilement visibles, à l'œil nu ou à l'aide d'un loupe à faible grossissement, car un des objectifs appliqué de ce travail est de fournir des indicateurs d'évaluation simples et utilisables sur le terrain. De plus il a fallu tenir compte du fait que les fonctions de l'enherbement recherchées sont ceux ayant une importance pour l'auxiliaire. Il faut donc déterminer ce qui attire un auxiliaire dans une zone en herbe ou plutôt sur une plante. Cette approche a été peu étudiée même si les traits ont un réel impact sur les fonctions et le fonctionnement des habitats. Peu d'études font le lien entre les niveaux trophiques par le biais des traits fonctionnels (DE BELLO et *al.*, 2010). Cette approche permettrait d'être plus généraliste sur les fonctions fournies par des espèces végétales pour des auxiliaires plutôt que de se concentrer sur l'échelle des espèces.

5.2.1. Lieu de refuge pour les auxiliaires

Comparé à un sol sans végétation, les habitats herbacés sont caractérisés par des microclimats particulièrement favorables aux auxiliaires des cultures. Cette végétation dans les climats tropicaux, subtropicaux et méditerranéens, permet en effet d'abaisser les températures au niveau du sol en journée et de conserver la chaleur la nuit. Le vent y est réduit alors que l'humidité y est plus importante. Toutes ces conditions créent un milieu particulièrement favorable à la survie et à la reproduction de l'entomofaune (NORRIS et KOGAN, 2005 ; LANDIS et *al.*, 2000). Par exemple, certains parasitoïdes spécialistes ne sont pas directement affectés par une baisse de la diversité botanique d'un habitat mais ils le sont par les effets indirects de ces disparitions. C'est en réalité la perte de biomasse des plantes qui les impacte négativement (GURR et *al.*, 2004).

L'ensemble de l'habitat constitue le refuge, autant par la structure des plantes le composant (CORTESERO et *al.*, 2000) que par la litière du sol (QUILICI et *al.*, 2003). Plus globalement, la diversité des caractéristiques morphologiques des végétaux composant ces habitats créent des conditions de vie et de site de ponte particulièrement favorables (NORRIS et KOGAN, 2005). Les **domaties**, petites touffes de poils ou poches que l'on retrouve sous les feuilles (AGRAWAL, 2000) ou à leurs abords, jouent un rôle très important d'abris pour certains auxiliaires, généralement de petite taille. Elles servent par exemple d'abri mais aussi de site de ponte pour les acariens prédateurs (CORTESERO et *al.*, 2000 ; CROFT et *al.*, 2004) sans pour autant augmenter les populations d'acariens herbivores (O'DOWD et PEMBERTON, 1998 ; ROMERO et BENSON, 2005). De manière générale, la présence de domaties favorise les populations d'auxiliaires (CORTESERO et *al.*, 2000). Les **trichomes** (poils, épine, poils glandulaires)... sont visibles sur

toutes les structures végétatives et reproductives des plantes même s'ils se concentrent sur les organes végétatifs (HANLEY et *al.*, 2007 ; AGRAWAL, 2000). Leur type et leur présence sont influencés par divers éléments du milieu auquel ils sont adaptés: lumière, température, humidité et sol. Ils peuvent être glandulaires ou non et possèdent une multitude de formes (SHANOWER, 2004). Les trichomes forment une barrière chimique ou physique, en prévention d'attaques d'herbivores et peuvent apporter un site de ponte privilégié aux auxiliaires. Mais les conséquences de ces éléments sont difficiles à généraliser car les relations peuvent être spécifiques à des couples plante-insecte (SHANOWER, 2004). Par exemple chez les acariens Phytoseiid, certains préfèrent les plantes pubescentes et d'autres les espèces glabres (CROFT et *al.*, 2004). Cependant on peut arriver tout de même à mettre en évidence quelques grands comportements. Une pubescence modérée peut fournir un habitat protecteur et promouvoir l'abondance de petits ennemis naturels (CORTESERO et *al.*, 2000). Les chrysopes y déposent leurs œufs plus facilement que sur les plantes à feuilles cireuse ou glabre (NENTWIG et *al.*, 2000). **Les nervures de feuilles** peuvent également fournir un habitat protecteur et promouvoir l'abondance des auxiliaires de petite taille (CORTESERO et *al.*, 2000) notamment lorsque celles-ci sont fortement dépressives. **La structure des tiges** peut également avoir un rôle important, les tiges creuses étant plus propices aux pontes que les tiges pleines (NORRIS et KOGAN, 2005).

Ces habitats herbacés non cultivés procurent également des refuges alternatifs importants (THOMAS, 1990 ; LYS et NENTWIG, 1992 ; SCHMIDT et *al.*, 2004). En effet, les pratiques agricoles sont souvent à l'origine de grandes perturbations des agroécosystèmes. Les auxiliaires peuvent se réfugier dans ces habitats en attendant que celui constitué par la culture leur redevienne favorable. Ces refuges alternatifs permettent d'augmenter leur chance de survie, notamment lors d'un traitement phytosanitaire sur la culture de rente (LANDIS et *al.*, 2000). Si ces habitats sont favorables aux auxiliaires des cultures, ils le sont aussi pour les ravageurs (OBRYCKI et KRING, 1998). C'est pour cela que certains auteurs tout en montrant le bénéfice apporté aux auxiliaires infirment les effets positifs de ces habitats sur la protection de la culture de rente en signalant les bénéfices pour les ravageurs. Pour que la balance reste en faveur des auxiliaires des cultures, la gestion de cet habitat doit considérer tous ces aspects (LANDIS et *al.*, 2000). Si ces habitats favorisent certains ravageurs, un objectif de leurs manipulations est de favoriser les espèces végétales dont les traits fonctionnels contribueront positivement à la lutte biologique. Par exemple, une trop forte pubescence des feuilles et tiges gêne la prédation des ravageurs par les auxiliaires. En effet, plus la plante est velue, moins les auxiliaires se déplacent vite et plus leur mortalité augmente, ce qui diminue globalement l'efficacité de la prédation. Mais cette gêne est également valide pour les ravageurs herbivores. Il y a une relation inversement proportionnelle entre le nombre de trichomes et les attaques d'herbivores (HANLEY et *al.*, 2007). De même, la forme des feuilles est importante car des feuilles à bords très découpés (ou composées de folioles) et à surface non plane favorisent le déplacement des auxiliaires (CORTESERO et *al.*, 2000). A contrario, les feuilles cireuses gênent les auxiliaires lors de la ponte et de la prédation. Par contre, l'aspect négatif de ce trait peut être contrebalancé par la forme de cette même feuille comme par exemple chez certaines Brassicaceae sur lesquelles les déplacements des coccinelles sont défavorisés par la présence de cette cire mais cet aspect négatif est amoindri par la forme non plane des feuilles (CORTESERO et *al.*, 2000). Finalement, le taux de rencontre entre un auxiliaire et sa proie est influencé par des traits fonctionnels des espèces végétales composant l'habitat, lesquels conditionnent la vitesse de déplacement des auxiliaires (CORTESERO et *al.*, 2000 ; EIGENBRODE, 2003).

5.2.2. L'habitat en tant que sources de nourriture pour les auxiliaires

Malgré une propension à utiliser les proies comme source alimentaire principale, de nombreux auxiliaires (prédateurs et parasitoïdes) utilisent aussi des éléments végétaux comme source de nourriture alternative. A l'état adulte certains sont même totalement floricoles comme par exemple les coccinelles, certains parasitoïdes, les hyménoptères, les chrysopes et les syrphes qui se nourrissent de pucerons à l'état larvaire mais qui deviennent floricoles une fois adultes (CORTESERO et *al.*, 2000 ; WÄCKERS et VAN RIJN, 2005). Pour certaines espèces, ces

ressources ne sont même pas considérées comme alternatives mais sont vitales (LUNDGREN, 2009). En effet, les parasitoïdes souffrent souvent du manque d'espèces florales en parcelles cultivées, réduisant leur efficacité face aux ravageurs (BERNDT et al., 2002). Les habitats herbacés non cultivés peuvent donc jouer un rôle primordial en tant que fournisseurs de cette nourriture alternative et contribuer ainsi à la stabilisation des interactions proies-prédateurs (AGRAWAL, 2000). Ces habitats peuvent fournir cette nourriture, alternative ou non, de façon directe ou indirecte. Dans le premier cas, les plantes de la communauté végétale composant l'habitat fournissent du **pollen**, du **nectar** ou du **nectar extrafloral** et hébergent directement les **proies** des auxiliaires. Dans le second cas, certaines plantes de la communauté végétale sont caractérisées par des traits fonctionnels comme la pubescence qui leurs permettent de capter et de mettre à disposition des auxiliaires du pollen provenant d'un autre habitat. Ci-après se trouvent différentes ressources et leurs possibles interactions avec les traits fonctionnels des plantes.

Les **pollens, nectars et nectars extrafloraux** sont des sources de protéines, d'eau et de sucres (saccharose, glucose, fructose...) indispensables à certains auxiliaires des cultures (GOULSON, 1999 ; NENTWIG et al., 2000). Cette nourriture alternative leur apporte l'énergie suffisante à leurs déplacements, à l'augmentation de leur fertilité et de leur durée de vie (WÄCKERS, 2001 ; HICKMAN et al., 1995 ; ELTON, 1966 ; GOULSON, 1999 ; LEWIS et al., 1998 ; CORTESERO et al., 2000), augmentant alors leurs performances. Ces différentes sources de nourriture alternatives ont des effets bénéfiques sur les populations des principaux auxiliaires impliqués dans la lutte biologique, à savoir les syrphes, les coccinelles, les chrysopes et les micro-hyménoptères parasitoïdes (AMARAL et al., 2013 ; WÄCKERS, 2001 ; HICKMAN et al., 1995). Plus spécifiquement, pour ces derniers, ce n'est qu'une fois rassasiés qu'ils parasitent leurs hôtes. Ils restent donc dans un milieu si celui-ci leur procure la nourriture alternative dont ils ont besoin (LANDIS et al., 2000 ; LEWIS et al., 1998). En outre, l'accessibilité aux nutriments est un facteur important de l'efficacité des parasitoïdes (TAKASU et LEWIS, 1997 ; IRVIN et al., 2007) et plus il y aura de ce nutriment dans l'habitat, plus la prédation sera efficace. Cette efficacité dépend aussi directement de la quantité, de la proximité de ces ressources et de la disponibilité dans le temps (GUMBERT, 2000 ; LAVANDERO et al., 2006). C'est pour cette raison que seule une grande densité de fleurs diversifiée disponible dans le temps et dans l'espace, permet de fournir des ressources florales propices aux auxiliaires (SALVETER, 1998 ; FRANCK, 1999).

L'objectif de sélection d'indicateurs d'évaluation simples et facilement observables ne permet pas de caractériser les espèces végétales selon la quantité et la qualité de leurs nectars et pollens, leur disponibilité dans le temps et leur odeur même si ces critères sont importants (GUMBERT, 2000 ; WÄCKERS, 2004 ; LAVANDERO et al., 2006 ; BRADENBURG et al., 2009). Il a donc été choisi de se concentrer sur l'attrait de ces fleurs sous l'angle de traits fonctionnels facilement observables et donc basés sur les caractéristiques morphologiques de ces fleurs.

La **forme de l'inflorescence** semble avoir une importance particulière. La consommation des ressources florales est très dépendant de la forme de la fleur mais aussi des pièces buccales de l'auxiliaire (FENSTER et al., 2004 ; PATT et al., 1997). Les parasitoïdes munis de leur petit appareil buccal doivent être capables d'atteindre les glandes nectarifères des fleurs, or plusieurs études ont démontré que la **morphologie des fleurs et la longueur de la corolle** peuvent empêcher certains d'entre eux d'exploiter du nectar (PATT et al., 1997). L'architecture florale a donc une importance considérable car leur présence dépendra de l'adéquation entre les pièces buccales et entre autre de la forme de la fleur et de ses ressources (GUMBERT, 2000 ; PATT et al., 1997). La morphologie des fleurs dépendant en partie de la famille botanique, celles attirant le plus les parasitoïdes ont une architecture florale ouverte comme les Apiaceae et les Astéraceae (NENTWIG, 1998). MAKRODIMOS et al. (2008) et PATT et al. (1997) précisent ces préférences avec des caractéristiques de fleurs capitées et ayant une corolle courte liée à l'ouverture de celle-ci. Des corolles ouvertes mais longues vont favoriser d'autres auxiliaires plus petits comme les acariens prédateurs ou certains névroptères pour lesquels l'accès au nectar et/ou au pollen ne sera pas entravé par leur dimension (RONZON, 2006). Les coléoptères comme les coccinelles affectionnent les Apiaceae du fait de la plateforme d'atterrissage que constitue ce type de fleur (GOULSON,

1999), ce choix n'est cependant pas exclusif. Les diptères, eux, ne semblent pas avoir de préférence de morphologie de fleurs (MAKRODIMOS et *al.*, 2008) même si TOOKER (2006) remarque qu'ils préféreraient tout de même des fleurs à corolles courtes et ouvertes. LEROY (2007) et AMARAL et *al.* (2013) notent par contre que ces diptères ont une préférence pour les mêmes familles de plantes que les hyménoptères (Apiaceae, Brassicaceae et Astéraceae). La symétrie des pièces florales joue également un rôle important d'attraction chez les hyménoptères, les diptères et les coléoptères, plus la fleur est parfaite, plus ils semblent être attirés (GOULSON, 1999). Plus précisément, les syrphes sont plus attirés par les fleurs à symétrie radiaire que par les fleurs zygomorphes, à symétrie bilatérale (NENTWIG et *al.*, 1998). Les auxiliaires sont attirés par les **fleurs de grande taille**, mais GOULSON (1999) estime que celle-ci est proportionnelle à celle des auxiliaires qui y sont rattachés. De même une fleur de taille importante lui permet de se faire repérer plus facilement par les auxiliaires (SIVINSKI et *al.*, 2011). Enfin, il existe une corrélation positive entre la taille de la corolle et la production de nourriture (pollen et nectar) ce qui apporte aux fleurs un pouvoir d'attraction plus important (GOULSON, 1999).

La **couleur des fleurs** permet d'attirer divers organismes (MILLER et *al.*, 2011) comme les parasitoïdes qui la sélectionnent en partie pour cette raison (GUMBERT, 2000 ; LAVANDERO et *al.*, 2006). Ils les préfèrent pâles, et de préférence blanches, tout comme les diptères qui cependant affectionnent plus les fleurs jaunes (MAKRODIMOS et *al.*, 2008 ; BEGUM et *al.*, 2004). Mais les diptères sont aussi attirés par certaines fleurs blanches, bleues ou violettes, ce qui permet de dire que même si la couleur d'une pièce florale semble influencer la présence d'auxiliaires, ce critère n'est pas strict (NENTWIG et *al.*, 1998). Par contre, les fleurs polinisées par le vent sont en majorité de couleur verte et n'attirent pas ou peu les auxiliaires (MILLER et *al.*, 2009). De surcroît, ces fleurs anémophiles ont généralement un pollen pauvre en nutriments et parfois même toxique (LUNDGREN, 2009). Cette couleur verte, portée en outre par les graminées, présente de ce fait peu d'intérêt pour les auxiliaires impliqués dans la lutte biologique.

La position des **nectaires floraux** a une influence considérable sur le nombre d'espèces d'insectes qui peuvent s'en nourrir (LUNDGREEN, 2009). Par exemple, un nombre important de parasitoïdes hyménoptères semblent se nourrir préférentiellement du nectar de certaines Apiaceae (GARCIN et VANDROT, 2003 ; PATT et *al.*, 1997), vraisemblablement à cause de l'exposition et de l'emplacement des nectaires très accessibles. En effet, quelque soit l'auxiliaire, si sa morphologie n'est pas compatible avec la morphologie florale, il lui sera difficile voire impossible d'atteindre le nectar (PATT et *al.*, 1997 ; VATTALA et *al.*, 2006). C'est dans le but d'attirer les arthropodes que certaines espèces végétales ont développé des glandes nectarifères situées hors de l'appareil floral (ARIMURA et *al.*, 2005) et localisées sur les pétioles, les pédicelles... (MIZELL, 2004): le **nectar extrafloral**. Composé à 95% de sucres, il est consommé par de nombreux auxiliaires, des diptères, des coléoptères et des hyménoptères (ARIMURA et *al.*, 2005). En réalité, la plante produit du nectar extrafloral lorsqu'elle a besoin de se défendre contre des herbivores, en particulier dans sa phase de croissance végétative. C'est un mécanisme de défense indirect qui attire les auxiliaires afin que ceux-ci s'en prennent aux proies. L'avantage de ce nectar c'est qu'il a une durée de vie plus longue que celui du nectar floral et qu'il est une ressource très précieuse pour bon nombre de parasitoïdes (LUNDGREN, 2009 ; GENEAU et *al.*, 2012). Certaines espèces en sont dépendantes tout comme elles le sont pour le pollen ou encore le nectar floral (LEWIS et *al.*, 1998 ; LANDIS et *al.*, 2000 IRVIN et *al.*, 2007) mais des généralisations aux familles d'arthropodes sont difficiles.

Les auxiliaires se nourrissent de **proies** qui peuvent être hébergées dans les habitats herbacés non cultivés, la présence de ces proies est primordiale notamment lorsque la culture de rente est peu ou pas infestée (LANDIS et *al.*, 2000 ; GURR et *al.*, 2004). Idéalement, ces proies ne doivent pas être des ravageurs de la culture de rente (GURR et *al.*, 2004 ; NORRIS et KOGAN, 2005) mais des proies qui permettent le maintien et le développement des auxiliaires (HAUSAMMANN, 1996). La présence de proies est aussi un critère d'oviposition chez certaines espèces favorisant une augmentation des populations d'auxiliaires comme chez les syrphes par exemple (ALMOHAMAD et *al.*, 2007). La présence de ces proies permet d'entretenir une population importante d'auxiliaires généralistes qui pourront être plus rapidement efficaces lors d'une attaque de la culture (NENTWIG

et *al.*, 1998 ; HAUSAMMANN, 1996). Certaines de ces proies sont également à l'origine de production de miellat, composé sucré excrété par des insectes ravageurs piqueurs-suceurs. Lorsque les auxiliaires comme les coccinelles, chrysopes, syrphes et quelques parasitoïdes (VILLENAVE, 2006) manquent de proies, ce miellat est un bon substitut et permet l'intensification de la recherche de nourriture par les larves et les adultes (LUNDGREN, 2009). En effet, la présence et l'accès au miellat dans un milieu joue sur la rétention des parasitoïdes et améliore le parasitisme (LEWIS et *al.*, 1998).

Les habitats herbacés non cultivés peuvent également fournir indirectement de la nourriture aux auxiliaires notamment grâce à des traits fonctionnels végétatifs. Comme expliqué plus haut, la pubescence des plantes peut jouer le rôle de **garde-manger en captant le pollen de fleurs véhiculé par le vent**. Ce pollen est à la disposition des auxiliaires et est particulièrement bénéfique aux acariens prédateurs et généralistes du genre Phytoseiidae (CROFT et *al.*, 2004). Ce pollen n'est pas uniquement un élément de leur alimentation il peut être aussi, pour certaines espèces, un lieu de reproduction sauf s'il s'agit de pollen de graminées (GRAFTON-CARDWELL et *al.*, 1999).

Le tableau suivant (Tableau 1) regroupe les principaux traits fonctionnels de notre étude bibliographique et leur intérêt.

Tableau 1: Traits fonctionnels et services fournis

Services	Traits fonctionnels	Intérêts	Références
Abris et sites de ponte	Domaties	Abri et site de ponte	Cortesero et <i>al.</i> , 2000 ; Croft et <i>al.</i> , 2004 ; Romero et Benson, 2005
	Trichomes (poils, épines, poils glandulaires...)	Barrière physique ou chimique contre les bioagresseurs et site de ponte	Agrawal, 2000 ; Cortesero et <i>al.</i> , 2000 ; Hanley et al., 2007 ; Nentwig et <i>al.</i> , 2000 ; Shanower, 2004 ;
	Structure creuse des tiges	Site de ponte	Norris et Kogan, 2005
	Formes de la feuille et types de nervures	Abri, mobilité de prédation	Cortesero et <i>al.</i> , 2000 ; Eigenbrode, 2003
	Cire épicuticulaire (foliaire)	Mobilité de prédation, site de ponte	Cortesero et <i>al.</i> , 2000
	Structure de la plante et force de recouvrement	Abri et microclimat favorable	Gurr et <i>al.</i> , 2004 ; Cortesero et <i>al.</i> , 2000
Nourritures alternatives	Forme de l'inflorescence, morphologie de la fleur	Accès au pollen et nectar	Amaral et al., 2013 ; Fenster et al., 2004 ; Gumbert, 2000 ; Leroy, 2007 ; Makrodimos et al., 2008 ; Nentwig, 1998 ; Patt et al., 1997 ; Tooker, 2006
	Taille de la fleur et longueur de sa corolle	Visibilité de la ressource	Goulson, 1999 ; Sivinski et al., 2011
	Couleur des fleurs	Attractivité	Begum et al., 2004 ; Gumbert, 2000 ; Lavandero et al., 2006 ; Lundgren, 2009 ; Makrodimos et al., 2008 ; Miller et al., 2011 ; Nentwig, 1998 ;
	Nectar extrafloral	Accès au nectar	Arimura et al., 2005 ; Geneau et al., 2012 ; Lundgren, 2009 ; Mizell, 2004

5.3. Surface et distance d'influence des habitats non cultivés sur la culture

Si les caractéristiques qualitatives des habitats herbacés non cultivés semblent jouer un rôle prépondérant dans l'hébergement et la survie des auxiliaires des cultures (voir chapitre précédent), la taille, la disposition dans l'espace et la distance de cet habitat par rapport à la culture de rente déterminera son intérêt pour la lutte biologique contre les ravageurs de cette culture (TSCHARNTKE et BRANDL, 2004). En effet, un habitat peut héberger bon nombre d'auxiliaires mais leur utilité dans la lutte contre les ravageurs dépendra des capacités de dispersion de ces derniers (TSCHARNTKE et *al.*, 2007). Concernant la taille de ces habitats, THIES et *al.* (2003) ont estimé qu'en dessous de 20% de surface non agricole, la lutte biologique était inefficace. S'agissant des distances séparant les habitats, de nombreux auxiliaires semblent être affectés par celle-ci (EYRE et *al.*, 2011) et plus deux types d'habitats sont éloignés entre eux moins on dénombre d'auxiliaires (HAUSAMMANN, 1996). Cependant, de nombreuses études ont montré la difficulté de déterminer cette distance idéale de dispersion et d'alimentation des auxiliaires. Les auteurs l'expliquent par les caractéristiques des auxiliaires étudiés qui sont souvent trop petits, trop nombreux ou trop mobiles pour pouvoir effectuer des expériences de type marquage-recapture (SCHMIDT et *al.*, 2004) ou encore par des relations tri-trophiques (plante/ravageur/auxiliaire) difficiles à mettre en évidence (TSCHARNTKE et BRANDL, 2004). Les auxiliaires généralistes ont tout de même tendance à explorer des zones plus larges que les espèces spécialisées (BARBERI et *al.*, 2010 ; TSCHARNTKE et *al.*, 2007). BIANCHI et WÄCKERS (2008) ont par exemple révélé que les parasitoïdes sont plus fréquents à une petite distance d'une bande fleurie et que leur nombre plus important conduit à un meilleur contrôle des ravageurs de la culture de rente. De même, les Phytoseiidae (acariens prédateurs de très petites tailles) se déplacent peu sauf s'ils sont emportés par des coups de vents intempestifs (MAILLOUX et *al.*, 2012). D'autres études ont montré que la composition et la structure d'un habitat influent jusqu'à 300 mètres autour de celui-ci (PETIT et *al.*, 2011). Autres exemples, certains Tachinaires (famille de diptère parasitoïde) peuvent progresser sur des habitats fragmentés de 125 jusqu'à 400 mètres (ROLAND et TAYLOR, 1997) alors que les chrysopes préfèrent les faibles distances (VILLENAVE, 2006). D'une manière générale, les auxiliaires généralistes ont des capacités de dispersion élevées leur permettant d'échapper temporairement à des milieux perturbés ; ils se déplacent donc entre les différents habitats naturels, semi-naturels et cultivés les rendant essentiels dans la lutte biologique même à la suite de perturbations (TSCHARNTKE et *al.*, 2007).

5.4. Gestion des habitats non cultivés en milieu agricole

Cet état de l'art présente des intérêts des habitats herbacés non cultivés et montre combien ils sont utiles pour soutenir la lutte biologique. Ils doivent cependant, pour être réellement utiles, être à proximité des zones de culture sans entrer en compétition avec celle-ci (eau, fertilisant, lumière), ce qui nécessite leur gestion. Ces facteurs de risque de compétition conditionnent les pratiques de gestion de ces habitats herbacés qui se résument bien souvent à une gestion mécanique (fauchage et/ou travail superficiel du sol) ou chimique (herbicide) ou bien encore une combinaison de toutes ces pratiques. Dès lors, le type de gestion et sa fréquence, ne sont pas sans influences. En effet, même si la communauté végétale composant ces habitats est fortement influencée par l'hétérogénéité de l'environnement, elle l'est aussi par ces pratiques de gestion mais aussi par les pratiques culturales liées à la culture de rente (PETIT et *al.*, 2010 ; GRUNDY et *al.*, 2010). La fréquence et l'intensivité des perturbations influencent de ce fait la composition des habitats (abondance et diversité) (ALBREHT, 2003 ; FRIED et *al.*, 2008) mais aussi négativement les populations d'auxiliaires (LANDIS et *al.*, 2000 ; CATTIN et *al.*, 2002). Plus globalement et à

l'échelle de l'agroécosystème, si ce sont bien les traits fonctionnels des végétaux qui augmentent la présence des auxiliaires dans la culture, ce sont les pratiques culturales qui favorisent la présence d'une flore propice à l'installation et au développement des auxiliaires (HARRISON, 2010). Certaines autres pratiques culturales, comme la protection phytosanitaire de la culture, peuvent présenter des risques indirects sur cet habitat, notamment à cause de la dérive des produits lors du traitement. Mais ces pratiques peuvent aussi être bénéfiques à ces habitats par exemple lorsque ce dernier peut profiter des apports d'eau de la culture. Finalement, une gestion globalisée de l'agroécosystème peut permettre de créer des microclimats favorables aux développements des auxiliaires (SAHARAOUI et HEMPTINNE, 2009 ; NOORDJIK et *al.*, 2010), de produire de la biomasse (LANDIS et *al.*, 2000), de faciliter l'infiltration de l'eau dans le sol (WU et *al.*, 2003), etc. La gestion de ces habitats doit aboutir à un équilibre entre les diverses techniques et leur fréquence pour impacter le moins possible la flore et la faune du milieu mais aussi la culture. Ces efforts permettront de favoriser un milieu propice à servir d'habitat, à l'intérieur ou en marge de la culture, qui fournira des conditions plus propices au développement d'une population d'auxiliaires dans la parcelle (GURR et *al.*, 2004).

Les vergers, de par leur caractère pérenne, sont des lieux privilégiés pour valoriser la lutte biologique par conservation des habitats si ces derniers, qui y sont naturellement insérés (inter-rang enherbés, talus, fossés, lisières), ne sont pas ou peu perturbés (LANDIS et *al.*, 2000). Ces habitats qui recouvrent au minimum 30 % des surfaces du verger, constituent des zones clés de la valorisation de la lutte biologique par conservation des habitats. Dans la seconde partie de ce mémoire, un focus sera réalisé sur cet habitat en vue de caractériser sur le plan fonctionnel les végétations herbacées des vergers d'agrumes à la Réunion afin d'établir, dans un second temps, le cahier des charges d'un idéotype d'habitat herbacé semi-naturel pour soutenir la lutte biologique contre les ravageurs de ces vergers.

Matériel et Méthodes

1. Sites d'étude

L'étude a été conduite sur les vergers de 6 agriculteurs distincts du Sud de l'île de la Réunion. Cinq de ces vergers sont situés dans des zones agrumicoles historiques (Petite Ile et Entre Deux), le dernier (Pierrefonds) est, quant à lui, situé dans une zone de culture plutôt atypique pour des agrumes (zone sèche au niveau de la mer) (Tableau 2 et Figure 5). Ces 6 vergers sont contrastés et distribués selon un gradient altitudinal du niveau de la mer jusqu'à l'altitude maximale de culture pour les agrumes (près de 1000 mètres).

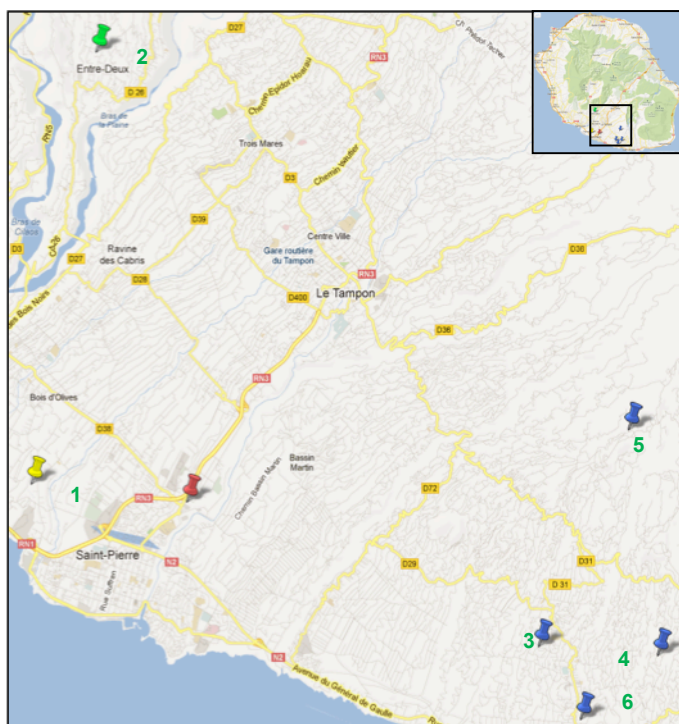


Figure 5: Localisation des parcelles étudiées

Tableau 2: Localisation et altitude des sites d'études

Numéro de la parcelle	Nom de l'agriculteur	Ville	Altitude (m)
1	BARRET René	Pierrefonds	50
2	HOAREAU Roland	Entre-Deux	400
3	HOAREAU Simon	Petite-île	350
4	FONTAINE Philippe	Petite-île	405
5	YEBU Lugui	Petite-île	970
6	MOREL Doris	Petite-île	220

2. Recueil de données

Afin d'étudier l'effet des pratiques de gestion sur la structure de l'enherbement des vergers de ces 6 producteurs, des relevés phytosociologiques et des enquêtes de pratiques ont été menés puis introduits dans une base de données développée pour les besoins de l'étude.

2.1. Relevés phytosociologiques

Les relevés phytosociologiques ont permis de décrire les communautés. Ils ont été réalisés en trois étapes. La première consiste à parcourir le verger dans le but de déterminer les zones homogènes des enherbements au sein des vergers. Le Tableau 3 reprend le nombre de sous-parcelles et donc de zones de relevé pour chaque producteur.

Tableau 3: Localisation et altitude des sites d'études

Numéro de la parcelle	Nom de l'agriculteur	Nombre de relevés
1	BARRET René	1
2	HOAREAU Roland	3
3	HOAREAU Simon	4
4	FONTAINE Philippe	4
5	YEBO Lugui	10
6	MOREL Doris	6

La deuxième consiste à marquer une zone de 2 à 3 m² représentative du milieu lors de ce premier passage afin de conserver le mieux possible la diversité végétale de l'enherbement (Figure 6).

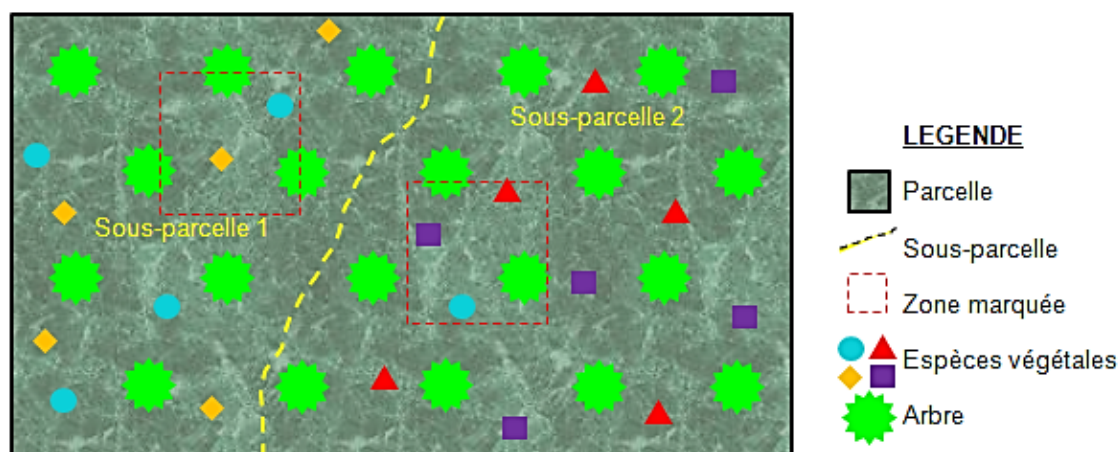


Figure 6: Schéma explicatif

La troisième étape est effectuée lors d'un passage ultérieur, sur chacune de ces zones, selon la méthode du tour de champs (BASSENE et al., 2012). Lors de cette étape, on inventorie toutes les espèces présentes dans la zone et on note leur abondance respective. Ce relevé a lieu entre deux opérations d'entretien des enherbement (désherbage ou fauche selon la pratique du producteur) et juste avant le deuxième passage dans le but d'observer un maximum de diversité tout en facilitant la reconnaissance floristique. Lorsque l'espèce végétale était connue, son nom commun ou latin était renseigné. Si elle ne l'était pas, un numéro de récolte lui était attribué et l'espèce était prélevée pour une identification ultérieure. Une fois l'espèce prise en photo, pour garder certaines

caractéristiques évoluant rapidement (couleur...), l'identification était menée à l'aide de plusieurs flores : celle du site internet IDAO.CIRAD, le livre AdvenRun par LE BOURGEOIS et *al.* (1999), et la Flore des Mascareignes.

A l'échelle de la parcelle a été noté :

- ✧ la **couverture globale** de la parcelle en enherbement soit au maximum 100% de couverture.

Pour chaque zone de relevé ont été notés :

- ✧ le **nom** de chaque espèce rencontrée ainsi que son **abondance** (en %) dans la zone. La **somme du recouvrement** de chacune des espèces sur la zone du relevé pouvant être supérieure à 100% car les espèces peuvent se superposer.
- ✧ la **diversité en espèces**, c'est à dire le nombre d'espèces par relevé (indice de richesse le plus simple et le plus utilisé d'après MARCON, 2012).

Compte tenu de la durée du stage, l'ensemble de ces observations n'ont pu être réalisées qu'une seule fois chez chacun des producteurs entre les mois de mars à avril soit durant l'été austral réunionnais (saison chaude et humide).

2.2. Mesure des traits fonctionnels

La caractérisation des différentes espèces selon leurs traits fonctionnels est basée sur les observations de terrain mais aussi sur les caractéristiques des espèces données dans les flores. Par exemple, les traits fonctionnels liés à la fleur d'une espèce ont tout de même été considérés dans notre analyse même si la plante n'était pas en fleur. Il s'agit donc d'une caractérisation théorique. Par ailleurs, les fleurs ont été caractérisées en considérant l'ensemble de l'inflorescence. Par exemple, dans le cas d'une Asteraceae, la fleur n'a pas été considérée comme une fleur en terme scientifique mais comme le regroupement des fleurs en capitule qui forme l'inflorescence en terme général. De même, les éléments floraux (taille, couleur, morphologie, symétrie) ont été appréciés à une distance de 30 à 40 cm, ce qui revient à dire qu'une chicorée commune, par exemple, est une grande fleur jaune moyen et ouverte, à symétrie radiaire.

Pour chacune des espèces identifiées lors des relevés, les traits fonctionnels suivants ont été notés selon les classes ci-après détaillées :

- Couleur de l'inflorescence: Ce trait renseigne la couleur dominante de l'inflorescence selon les codes suivants : « rouge », « jaune », « rose » etc. suivi de « clair », moyen » ou « foncé ». Pour les fleurs blanches seule la couleur a été notée. Pour les fleurs vertes ou pour les inflorescences de Poaceae ou Cyperaceae, elles ont été notées « vert » afin de signifier que la couleur n'attire pas les auxiliaires. Certaines espèces comme le *Lantana camara* possède un panel de couleur important, elles ont été notées « multicolore ».
- Taille de l'inflorescence : ce trait renseigne du diamètre (en mm) de l'envergure de l'inflorescence en moyenne pour une espèce donnée (Figure 7). La fleur est considérée « petite » si sa taille est inférieure à 20mm et « grande » si elle est supérieure ou égale à ce seuil (MACHADO et LOPES, 2004). S'il n'y a pas d'inflorescence ou dans le cas d'une Poaceae ou d'une Cyperaceae, cette donnée a été renseignée comme « nulle ».



Nulle

Figure 7 : Exemples de couleurs observables (Source : IDAO)

- Morphologie de l'inflorescence: Ce trait renseigne la facilité d'accès au nectar et au pollen pour une large gamme d'auxiliaires. Lorsque la corolle est ouverte et courte on note « ouverte » sinon « fermée ». « NCcor » est inscrit lorsque l'espèce est une Poaceae ou une Cyperaceae (Figure 8).



Ouverte

NCcor

Fermée

Figure 8: Exemples de morphologies observables (Source : IDAO)

- Symétrie de l'inflorescence: Ce trait renseigne la forme de l'inflorescence à « symétrie radiaire » ou à « symétrie bilatérale » ou encore « NON symétrique ». « NCsy » est inscrit lorsque l'espèce est une Poaceae ou une Cyperaceae (Figure 9).



Symétrique et bilatérale

NCsy

Symétrique et radiaire

Figure 9: Exemples de symétrie observables (Source : IDAO)

- Présence de domaties : Ce trait est surtout présent sur les arbres, arbustes ou vignes. Une domatie se traduit sous la forme de poches ou de touffes de poils à proximité des feuilles (Figure 10 en exemple). On note « OUI domatie » en cas de présence du trait, sinon « NON domatie ».

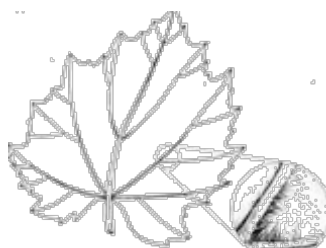


Figure 10 : Localisation et dessin d'un type de domatie (AGRAWAL, 2000)

- Densité de trichomes : Ce trait est noté selon des classes afin de différencier les plantes selon leur densité de trichomes (Figure 11).

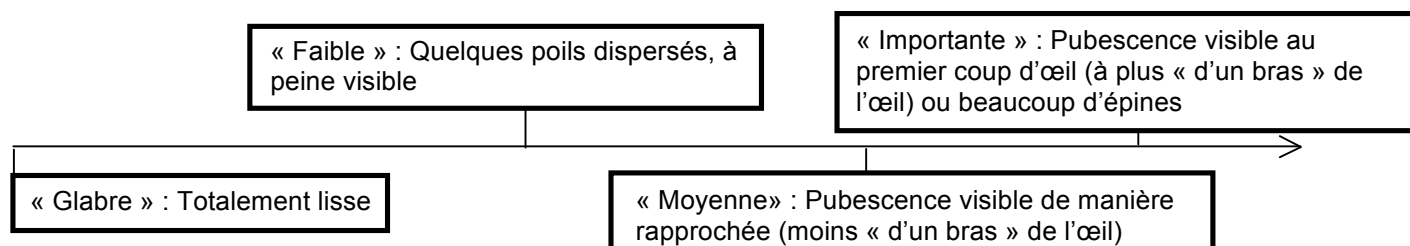


Figure 11: Niveaux de pubescence

- Dépression des nervures foliaires: si les nervures foliaires sont profondes, ce trait est noté « OUI nervure », sinon « NON nervure ». Ce critère se mesure selon l'appréciation de l'opérateur et permet de déterminer si les dépressions foliaires sont fortement marquées ou non.
- Présence de glandes productrices de nectar extra-floral : ce trait est noté « OUI NEF » si il est présent, sinon « NON NEF » (Figure 12). Ce critère est un « bonus » car l'observation de glandes nectarifères extra-florales sur le terrain n'est pas toujours évidente, mais le critère étant important comme source de nourriture alternative, lorsqu'il est observé il doit être noté.

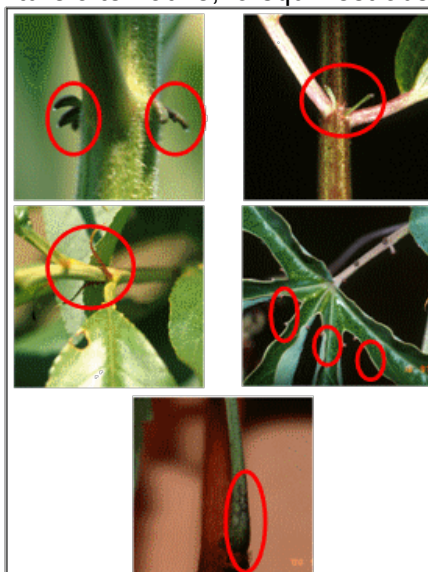
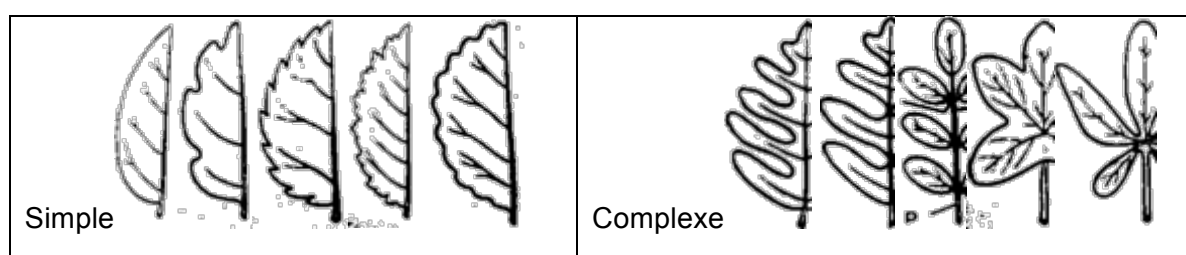


Figure 12: Glandes sécrétant du nectar extrafloral (Source : MIZELL, 2004)

- Forme du limbe foliaire : ce trait est noté « simple » ou « complexe » (Tableau 4). Une feuille très découpée ou composée de folioles sera assimilée à complexe car elle présentera potentiellement plus de bords permettant aux auxiliaires de se maintenir à la surface des feuilles plus facilement. Si la plante n'a pas de feuille, la valeur « aucune » est attribuée.

Tableau 4: Types de limbes foliaires (Source : LAMBINON et al., 2004)



- Cire épicuticulaire : Ce trait est noté « cireuse » si la feuille est brillante et lisse sinon « non cireuse ». C'est un critère difficile à déterminer mais lorsque la feuille répond aux deux conditions précédemment citées la plante est considérée comme défavorable au maintien des auxiliaires à sa surface, c'est un « malus ».
- Tige creuse : si la tige est creuse ce trait est noté « creuse », sinon « pleine ».
- Plante érigée ou étalée : ce trait est noté « érigée » (= dressée) ou « étalée ». Ce critère correspond au port de la plante qui joue sur le maintien des conditions favorables au sol, à une capacité à s'étaler sur le sol. Certaines espèces ont des ports plus difficiles à appréhender. Par exemple la Chicorée commune est une plante aux feuilles basales et étalées au sol, seul la tige florale sera dressée, elle a été classée comme une plante « étalée » (Figure 13) de même que les plantes volubiles.



Figure 13: Exemples d'espèces étalées ou dressées (Source : IDAO)

- Recouvrement : Ce trait caractérise la capacité d'une plante à recouvrir une surface lorsqu'on ne considère qu'un individu. Elle est notée « Faiblement couvrante » si peu couvrant, « moyennement couvrante » si visible mais peu étalé et « fortement couvrante » si l'individu s'étale sur une surface importante (c'est la force de recouvrement d'un individu) (Figure 14). Pour les plantes volubiles, on renseigne « volubile ».



Faiblement couvrante



Moyennement couvrante



Fortement couvrante

Figure 14: Gradient de recouvrement

Le Tableau 5 reprend les conditions favorables de ces traits fonctionnels dans le cadre de la lutte biologique par conservation des habitats en fonction des classes précédemment déterminées.

Pour chaque relevé ont donc été notés :

- Le nombre de traits favorables/défavorables ou neutres dans le relevé.
- L'abondance des traits favorables sous la forme d'un score des abondances de ces traits (pourcentages de recouvrement cumulés des traits favorables des espèces composant le relevé). Par exemple, si dans un relevé 3 plantes (sp) possèdent chacune 2 traits fonctionnels favorables et que chacune de ces plantes recouvrent 35 % de la surface, nous calculerons le score suivant : $(3 \text{ sp} * 35\%) * 2 \text{ traits} = 210$

Note : les traits n'ayant pas pu être renseignés, par absence de l'élément végétatif et de l'impossibilité d'identifier la plante, ont été considérés comme des traits « neutres » et les espèces rarement présentes ou très peu couvrantes pour le relevé ont été considérées comme représentant 1% du recouvrement. Cela a permis de conserver la présence de traits, sans pour autant modifier significativement l'abondance des traits.

Tableau 5: Traits favorables à la présence, à la survie et/ou à la reproduction des auxiliaires

Traits	Valeur	Présence favorable	Traits	Valeurs	Présence favorable
Couleur	Blanc ou jaune (moyen ou clair)	Oui	Feuille	Complexe	Oui
	Autres couleurs	Non		Simple ou aucune	Non
Taille de la corolle	Grande	Oui	Feuille cireuse	Cireuse	Non
	Petite	Non		Non cireuse	Oui
Morphologie de la corolle	Ouverte	Oui	Tige creuse	Creuse	Oui
	Fermée ou absente	Non		Pleine ou absente	Non
Symétrie de l'inflorescence	Symétrique et radiaire	Oui	Structure de la plante	Erigée	Non
	Symétrique et bilatérale, non symétrique ou absente	Non		Etalée	Oui
Trichomes	Densité moyenne	Oui	Recouvrement	Fortement ou moyennement couvrante	Oui
	Densité importante, faible ou glabre	Non		Faiblement couvrante ou volubile	Non
Dépression des nervures	Forte	Oui	Nectar extrafloral	Présent	Oui
	Faible	Non		Absent	Non

Aucune espèce n'avait de domaties c'est pour cela que cette variable n'apparaît pas dans le tableau

2.3. Données de caractérisation des milieux et enquêtes de pratiques

Dans le but de rechercher des facteurs expliquant la composition des enherbements des vergers et notamment l'abondance de certains traits fonctionnels favorables à la lutte biologique par conservation des habitats nous avons procédé à une caractérisation du milieu et des pratiques agricoles. Les données ont été recueillies par observation sur le terrain, par sélection des informations recueillies par le technicien ou par les enquêtes auprès des agriculteurs (d'une durée de 15 à 30 minutes environ) (Annexe F et G).

Le Tableau 6 suivant reprend les différentes données de caractérisation pouvant être autant de facteurs ou déterminants explicatifs. Par soucis de simplification, les facteurs communs à toutes les parcelles ont été supprimés.

Tableau 6: Liste des déterminants identifiés

Type de données	Déterminant	Particularité
Pratiques	Outil désherbage mécanique	L'outil utilisé s'il y a désherbage (débroussailleuse, tondeuse autoportée) sinon NC (non concerné)
	Désherbage chimique (4 par an) sous frondaison	Si oui, l'agriculteur fait un passage d'herbicide tous les 3 mois environ. Ce passage se fait uniquement sous la frondaison des arbres.
	Désherbage chimique régulier sur la totalité de la parcelle	Si oui, l'agriculteur fait plusieurs passages d'herbicides dans l'année sur la totalité de la parcelle et sur toutes les espèces adventives.
	Désherbage manuel sous frondaison	Si oui, le désherbage se fait systématiquement manuellement sous les arbres toutes espèces confondues.
	Désherbage manuel sélectif	Si oui, le désherbage se fait sur l'ensemble de la parcelle mais seulement sur certaines espèces envahissantes ou très résistantes.
	Travail du sol	Il correspond à un travail du sol une fois par an sur une profondeur de 20 cm.
	IFT herbicide	S'il y a désherbage chimique, l'indice de fréquence de traitement est calculé et renseigné. On part sur une base de 6L/ha homologué car la dose appliquée n'est pas forcément précise à l'origine et de plus dépend du type d'adventices visé.
	Fertilisation organique	Oui/Non
	Fertilisation foliaire	Oui/Non
	Nombre de passages fertilisation chimique	Nombre de passages par an. Seul un agriculteur apporte du fertilisant organique (1 fois par an), il n'y a donc pas d'intérêt de définir le nombre de passages organiques comme un déterminant.
	Irrigation	Le matériel utilisé est noté lorsqu'il y a irrigation, il permet de savoir de quelle manière l'eau est apportée aux arbres et si l'enherbement peut en bénéficier.
Environnement et conditions pédoclimatiques	Type de sol selon RAUNET (1991)	Il permet de différencier les sols de façon globale selon leur type à proprement parler, profondeur, pH et % de MO.
	Pluies annuelles moyennes (en millimètres)	Elles sont calculées de façon approximative par une moyenne des pluies relevées annuellement sur chacune des zones par l'agence de l'eau de 2006 à 2011 (Office de l'eau de la Réunion).
	Altitude moyenne (en mètre)	Elle est obtenue à partir de la lecture des courbes isométriques de la BD Topo de l'IGN de 2003.
	Pente	Observation sur le terrain de la pente de la zone de relevé. Elle ne peut être « nulle », « légère » ou « forte ».
	Orientation de la pente	Observation sur le terrain (« pente nulle », « nord », « est », « sud »...)
	Ouverture de la zone (luminosité)	Observation sur le terrain de la luminosité arrivant au sol (sur l'enherbement). On détermine si la zone est plutôt ouverte ou fermée à la lumière car elle dépend de nombreuses composantes du terrain (frondaison, accident de terrain, pente...)
	Zone humide	Oui/Non. C'est une zone semblant plus humide que les autres qui peut parfois être exprimée par des cours d'eau temporaire...
	Type d'habitat adjacent	Il y a plusieurs types possibles d'habitat adjacent au relevé mais seul le dominant est noté (en dehors de la parcelle : agricole, urbain, ravine, forêt, friche)

3. Traitements de données

Le traitement statistique des données a été réalisé à l'aide du logiciel R (2012, version 2.15.2). Ces analyses ont visé à évaluer l'influence des caractéristiques du milieu d'étude et des pratiques agricoles du producteur sur la communauté végétale composant ces enherbements et plus particulièrement si ces facteurs influençaient l'abondance des traits fonctionnels favorables de ces enherbements.

Dans un premier temps nous avons donc recherché s'il existait des **différences de composition en traits fonctionnels favorables et en diversité en traits entre les parcelles des 6 producteurs**. Considérant le type de données (et notamment la non normalité du jeu de données) nous avons procédé à un test de Kruskal & Wallis suivi du test de Wilcoxon pour déterminer si les valeurs étaient significativement différentes. Ce test permet d'identifier, pour chacune des différences significatives, entre quelle parcelle pour un trait ou une diversité donnée se joue cette différence. Il permet de voir si la distribution est la même entre deux groupes.

Le test est effectué de manière unilatérale, ce qui permet de caractériser les différences grâce aux *p-value* obtenues.

Avec une erreur de 10% :

- Si *p-value* < 0.10, on rejette **H0** donc le déterminant de la colonne fait diminuer la variable par rapport au déterminant de la ligne
- Si *p-value* ∈ 0.10; 0.90, on ne rejette pas H0 donc on ne met pas en évidence de différence entre les modalités du déterminant.
- Si *p-value* ∈ 0.90; 1, , le déterminant de la colonne fait augmenter la variable par rapport au déterminant de la ligne.

*Explication dans le cas où la *p-value* ∈ 0.90; 1 : On ne rejette pas H0 mais on rejettera le test symétrique (*p-value* testsym = 1 - *p-value*) :*

- **H0.Sym** : le déterminant de la colonne ne fait pas augmenter la variable
- **H1.Sym** : le déterminant de la colonne fait augmenter la variable (par rapport au déterminant de la ligne)

Dans une seconde étape, nous avons étudié s'il existait des **différences de composition en traits fonctionnels favorables et en diversité en traits entre les relevés d'une même parcelle**. Le manque de répétition nous a contraints à utiliser le test du χ^2 . Pour ce test, un tableau est créé par trait avec l'effectif, pour chacun des traits et chacun des relevés, de caractéristiques favorables aux auxiliaires et de caractéristiques. Ainsi, lors du calcul on aura une comparaison des résultats pour chaque relevé et lorsque la *p-value* sera < 0,10 cela voudra dire que les relevés sont significativement différents entre eux.

Avec une erreur de 10% :

- Si *p-value* < 0.10, on rejette H0 donc il existe une relation entre le relevé et le trait étudié c'est-à-dire que chaque site a une valeur qui lui est propre et non comparable à celles des relevés d'une même parcelle. L'effectif de traits favorables est différent selon les relevés, de même que celui en traits non favorables. Le site du relevé a donc une influence sur les effectifs (10% de chance d'avoir tort).

- Si $p\text{-value} \geq 0.10$, on accepte H_0 et il n'y a pas de différences significatives entre les relevés au sein d'une même parcelle.

Enfin, nous avons étudié si les **caractéristiques du milieu ou les pratiques agricoles avaient une influence** sur la composition des enherbements et notamment l'abondance en traits fonctionnels favorables et sur la diversité des traits. Considérant le type de données, le traitement statistique de la première analyse (différences de composition en traits fonctionnels favorables et en diversité en traits entre les parcelles des 6 producteurs) a été répété.

Résultats et Discussion

1. Résultats

1.1. Relevés phytosociologiques

Lors des relevés phytosociologiques, sur les 120 différentes espèces rencontrées 77% ont été identifiées jusqu'à l'espèce.

Dans la quasi-totalité des cas (96%) la diversité en espèces végétales à fleurs (en majorité des dicotylédones) était plus élevée que celle en Poaceae/Cyperaceae. Malgré cela dans 39% des relevés c'est l'abondance des dicotylédones qui était très faible par rapport à celle des Poaceae/Cyperaceae. Dans 57% des cas les Poaceae/Cyperaceae se révèlent plus couvrantes que les espèces végétales à fleurs : dicotylédones et quelques rares monocotylédones à fleurs.

Le Tableau 7 reprend les données relevées qui concerne à la fois la richesse spécifique, le taux de recouvrement total dans l'enherbement.

Tableau 7 : Principales données issues des relevés phytosociologiques

Parcelle étudiée	Richesse spécifique moyenne	Couverture globale (%) (parcelle)	Taux de recouvrement moyen (relevé)
Ensemble	18,9 espèces E-T : 5,37 espèces (11 à 30 espèces)	40	156,9% E-T : 29,75% (104 à 210%)
Parcelle 1 (1 relevé)	21 espèces	90	107%
Parcelle 2	25 espèces E-T : 0,82 espèces	90	161,33% E-T : 5,79%
Parcelle 3	21 espèces E-T : 6,96 espèces	90	167,75% E-T : 35,93%
Parcelle 4	22,75 espèces E-T : 5,45 espèces	90	169,75% E-T : 18,27%
Parcelle 5	16,3 espèces E-T : 4,15 espèces	90	142,4% E-T : 29,28%
Parcelle 6	16,17 espèces E-T : 1,57 espèces	90	171,5% E-T : 20,58%

E-T : Ecart-type

Il existe donc de réelles disparités. En dehors de la différenciation de la couverture globale entre la parcelle fréquemment désherbée sur sa totalité et les parcelles fauchées et désherbées en inter-rang, le taux de recouvrement y est plus faible. Cependant il varie peu entre les 5 autres parcelles. La richesse spécifique semble plus variable avec des parcelles autour de 16 espèces par relevé (parcelle 5 et 6) et 20-25 espèces pour les parcelles 1, 2, 3 et 4.

1.2. Différences entre les parcelles pour la composition en traits favorables et la diversité des traits

Tableau 8: Résultats des tests de Krukall & Wallis (1) : différences entre les parcelles

Effectifs des traits favorables	p-value (<0,1)	Diversité des traits	p-value (<0,1)
Couleur	0.16409	Couleur	0.43616
Taille de l'inflorescence	0.00512	Taille de l'inflorescence	0.00555
Morphologie de l'inflorescence	0.02188	Morphologie de l'inflorescence	0.02898
Symétrie de l'inflorescence	0.18074	Symétrie de l'inflorescence	0.58765
Trichomes	0.19241	Trichomes	0.30622
Dépression des nervures foliaires	0.66107	Dépression des nervures foliaires*	-
Nectar extrafloral (présence)	0.28178	Nectar extrafloral	0.37538
Feuille	0.24054	Feuille	0.59833
Cire foliaire (absence)	0.07471	Cire foliaire	0.00284
Tige	0.02546	Tige	0.00426
Structure de la plante	0.09058	Structure de la plante*	-
Force de recouvrement	0.08208	Force de recouvrement	0.13467

*Pas de variation, entre tous les relevés, de la diversité pour le trait (par exemple, il y a deux types de réponses pour les nervures foliaires quel que soit le relevé)

Au seuil de 10 %, des différences significatives d'abondance de traits fonctionnels ont été notées entre les parcelles. Il y a donc un effet de la parcelle sur les effectifs favorables de taille et de morphologie de l'inflorescence, la cire foliaire, la tige, la structure de la plante ainsi que la force de recouvrement de l'espèce. De même, il y a un effet de la parcelle sur la diversité en taille et morphologie de l'inflorescence, de la cire foliaire et de la tige. ...

Maintenant que des différences significatives ont été identifiées entre les parcelles, on cherche à savoir où peuvent se jouer ces différences c'est-à-dire entre quelle parcelle pour les traits identifiés on peut réellement observer des différences.

Selon le Tableau en Annexe H, on observe que de nombreux couples de parcelles ayant des différences significatives.

1.3. Différences entre les relevés d'une même parcelle pour la composition en traits favorables

Tableau 9: Résultats des tests du χ : différences entre les relevés d'une même parcelle

Trait étudié	Parcelle 2	Parcelle 3	Parcelle 4	Parcelle 5	Parcelle 6
Couleur	0	0,0049	0	0	0,03645
Taille de l'inflorescence	0,00187	0	1,00E-05	0	0
Morphologie de l'inflorescence	0,13632	0	0,00437	0	0
Symétrie de l'inflorescence	0,00482	0	0,00986	0	0
Trichomes	0,09408	0,01861	0,80438	0	0
Dépression des nervures foliaires	0,02303	0	0,01547	0	0
Nectar extrafloral	0,08948	0,05951	0,1416	0	0
Feuille	0,00087	0	0,10192	0	0
Cire foliaire	0,00876	0	5,00E-05	0	0
Tige	0,3	0,00096	0,00854	0	0
Structure de la plante	1,00E-05	0,00517	0,04432	0	0
Force de recouvrement	0	0	0,00064	0	0

La parcelle 1 n'est pas concernée car elle n'a qu'un seul relevé

Dans notre cas, c'est ce qu'il se passe. Quelques traits (5 : Morphologie de l'inflorescence, Trichomes, Nectar extrafloral, Feuille, Tige) sembleraient montrer un lien entre les relevés d'une parcelle, encore que ceux-ci ne sont pas les mêmes selon la parcelle étudiée. On ne peut pas expliquer les différences au sein d'une parcelle par les pratiques qui sont uniformes sur une parcelle ni par les conditions environnementales semblables entre les relevés d'une même parcelle (pluie, altitude...) Pour la suite de l'étude, les déterminants ont été sélectionnés en fonction de ce résultat et ne se retrouve plus qu'au nombre de 5 : la pente, son orientation, l'ouverture de la zone (à la lumière), l'humidité de la parcelle et le type d'habitat.

Les différences de diversité pour les traits paraissent beaucoup moins évidentes. Il a été difficile d'effectuer un calcul statistique puisque le calcul du chi2 se base sur des effectifs. En revanche on pouvait visualiser dans le tableau en annexe (Annexe I) les différences possibles. On remarque que la diversité en trait varie peu entre les couples de parcelle sauf pour la couleur (qui est un critère très subjectif), la présence/absence de glandes productrices de nectar extrafloral (qui parfois était totalement absent du milieu et qui est difficile à déterminer) et la force de recouvrement qui variait le plus entre les relevés. Malgré cela on ne peut pas tirer de conclusions.

1.4. Différences entre les relevés pour la composition en traits favorables et la diversité en traits sous l'influence d'un déterminant

Tableau 10: Résultats des tests de Kruskal & Wallis (2): influence d'un déterminant

Variable à expliquer	Variable explicative				
Effectifs des traits favorables	Pente	Orientation de la pente	Ouverture de la zone	Humidité	Type d'habitat adjacent
Couleur	NS	NS	*	NS	NS
Taille de l'inflorescence	NS	NS	NS	NS	NS
Morphologie de l'inflorescence	NS	NS	*	NS	NS
Symétrie de l'inflorescence	**	*	NS	NS	NS
Trichomes	NS	NS	NS	NS	NS
Dépression des nervures foliaires	NS	NS	NS	NS	NS
Nectar extrafloral (présence)	NS	NS	*	NS	NS
Feuille	NS	NS	NS	NS	NS
Cire foliaire (absence)	*	**	NS	NS	NS
Tige	NS	NS	NS	NS	NS
Structure de la plante	NS	*	*	NS	NS
Force de recouvrement	NS	*	NS	NS	NS
Diversité des traits	Pente	Orientation de la pente	Ouverture de la zone	Humidité	Type d'habitat adjacent
Couleur	NS	NS	NS	***	NS
Taille de l'inflorescence	NS	NS	NS	NS	NS
Morphologie de l'inflorescence	NS	NS	NS	NS	*
Symétrie de l'inflorescence	**	**	NS	NS	*
Trichomes	NS	NS	NS	NS	NS
Nectar extrafloral	NS	NS	NS	*	NS
Feuille	NS	NS	**	NS	NS
Cire foliaire	NS	NS	NS	NS	NS
Tige	NS	NS	NS	*	NS
Force de recouvrement	NS	NS	NS	**	NS

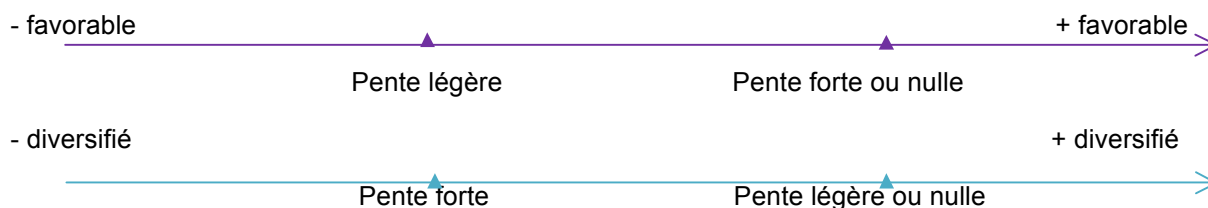
NS = non significatif * : Significatif à 10% ** : Significatif à 5 % *** : Significatif à 1 %

Les tableaux de Wilcoxon effectués à la suite de ce test ont permis de retirer des informations intéressantes présentées ci-dessous (Annexe J).

Les plantes portant le trait fonctionnels « Cire foliaire » sont statistiquement plus nombreuses dans les fortes pentes, rendant le milieu plus hostile aux auxiliaires de culture. De même, la variation du

trait « Symétrie de l'inflorescence » y est moins importante. Cependant, ce type de pente (forte), ou des pentes nulles, semblent augmenter la présence d'inflorescence à symétrie favorable.

Symétrie de l'inflorescence



Cire foliaire



La variation de la symétrie de l'inflorescence semble être moins importante lorsque la pente est orientée vers le Nord qu'en absence de pente. Cependant, elle semble plus favorable aux auxiliaires lorsque la pente, si il y en a une, est orientée vers le Sud.

Les plantes portant le trait fonctionnel « Cire foliaire » sont statistiquement plus nombreuses lorsque l'orientation est Nord ou Ouest, le milieu étant donc moins favorable.

De même que pour la cire ou la symétrie florale, il semble qu'une pente orientée au Sud favorise la présence de structures végétales étalées et va renforcer la force de recouvrement des espèces végétales de la végétation herbacée.

Symétrie de l'inflorescence



Cire foliaire



Structure de la plante



Force de recouvrement



Les plantes portant le trait fonctionnel « Feuille complexe » sont statistiquement plus nombreuses en milieu fermé à la lumière. De même, les milieux fermés créent un enherbement plus favorable aux auxiliaires en ayant statistiquement plus de traits favorables pour la couleur, la morphologie, la présence de nectar extrafloral et la structure de la plante qu'un milieu ouvert.

Pour les traits favorables : couleur, morphologie, présence de nectar extrafloral et structure de la plante



Feuilles complexes

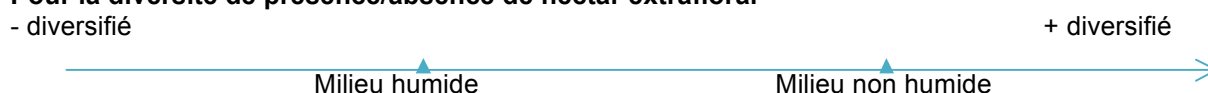


Statistiquement les plantes présentent une variation plus importante des types de couleurs, de tige et de force de recouvrement en milieu humide et de nectar extrafloral en milieu non humide.

Pour la diversité de couleurs, de type de tige (creuse ou non) et de la force de recouvrement



Pour la diversité de présence/absence de nectar extrafloral



Statistiquement les plantes présentent une variation plus importante de morphologie de l'inflorescence et de symétrie de celles-ci en forêt plutôt qu'en friche.

Pour la diversité de morphologie de l'inflorescence



Pour la diversité de symétrie de l'inflorescence



Cette partie a donc mis en évidence la présence de communautés herbacées non cultivées variées au sein d'une même parcelle. Elle a également permis de savoir que les déterminants choisis ne semblent pas tous explicatifs de la composition en traits de la communauté. Par ailleurs, ceux qui concernaient les pratiques, qui étaient identiques au sein d'une parcelle, ont été enlevés de la suite de l'étude car il n'était alors plus pertinent pour la suite de cette étude. En revanche, les déterminants de l'environnement relevés sur le terrain et précis à l'échelle de la sous-parcelle semblent pouvoir expliquer en partie la présence des traits favorables et la diversité des traits dans les communautés étudiées.

1.5. Vision des agriculteurs

Selon les agriculteurs rencontrés la végétation herbacée non productive varie au cours de l'année mais aussi d'années en années. Beaucoup signalent que les graminées gagnent du terrain ce qui renforce le pressentiment que les communautés végétales étudiées sont en train de changer au profit des Cyperaceae/Poaceae.

Ils sont une majorité à observer des variations de la végétation au cours des saisons. En dehors de la vitesse de croissance de la végétation qui diminue avec l'hiver, ils observent selon la saison la disparition ou l'extension de certaines espèces au cours de l'année comme par exemple *Desmodium incanum* DC. qui serait plus présent en hiver.

Pour eux la végétation herbacée présente des inconvénients qui varient selon leur perception, les deux extrêmes étant un agriculteur qui n'y voit aucun avantage et un autre qui n'y voit aucun inconvénient. Dans la moitié des cas, ils accepteraient que sa hauteur atteigne 10cm de hauteur (les autres acceptant une pousse jusqu'aux genoux voire une inflorescence jusqu'à 1 mètre pour les graminées). Les agriculteurs considèrent qu'au-delà de cette hauteur, la végétation gênera pour le travail (récolte, traitement) dans le verger. Mais les agriculteurs voient aussi d'autres inconvénients à l'enherbement : les pousses sont trop rapides ce qui demande du temps de gestion, ils pensent qu'il y a une réelle concurrence pour l'engrais, la végétation herbacée leur pose le problème de gestion du temps entre la culture et la végétation non productive...

Néanmoins, ils réussissent à trouver des avantages à la végétation herbacée non productive de leurs vergers. Elle diminue les phénomènes d'érosion et de pollution, garde plus de fraîcheur et d'humidité au sol, améliore le cadre de travail, elle peut être attractive pour les auxiliaires et les abeilles, et sa tolérance permet des économies en herbicide. Cela révèle le fait que pour une majorité d'entre eux, ils ont conscience des problématiques environnementales.

C'est pour cette raison que beaucoup d'entre eux souhaiteraient que par une nouvelle gestion du milieu on arrive à conserver ces avantages en maintenant ou diminuant les inconvénients. Cependant, ils souhaiteraient surtout augmenter les bénéfices que cette végétation peut apporter. Ils aimeraient que la végétation : apporte plus de fraîcheur et plus d'humus au sol, soient moins longue à entretenir, abrite des insectes utiles, continue à protéger de l'érosion, ait moins de graminées et présentent moins d'espèces envahissantes qui demande plus de temps et de traitements.

2. Discussion

Pour rappel, le mémoire tente de répondre aux questions suivantes :

- Les communautés végétales peuvent-elles être discriminées par l'abondance et la diversité de traits fonctionnels facilement observables et favorisant le maintien des auxiliaires?
- Les pratiques de gestion de l'enherbement en verger d'agrumes modifient-elles la structure des communautés végétales et donc l'abondance des traits fonctionnels d'intérêt pour soutenir la lutte biologique contre les ravageurs?

La description générale des résultats obtenus permet déjà de voir quelques différences. Une majorité des relevés semble montrer que malgré une faible diversité de Poaceae/Cyperaceae, ces familles ont tendance à dominer le milieu en terme de recouvrement au détriment des autres espèces qui sont majoritairement des dicotylédones sans pour autant être vraie pour la totalité des relevés. Cette tendance a déjà été vue dans plusieurs études, ce qui peut s'expliquer en partie par la capacité de dispersion et la faculté à produire des graines rapidement des Poaceae/Cyperaceae (RAO et *al.*, 2007 ; RAMIREZ et *al.*, 2007 ; LEDRU et *al.*, 1998).

On observe aussi une variabilité de la richesse spécifique entre les relevés d'une même parcelle et pour l'ensemble des relevés. Cela peut vouloir dire qu'il y a des éléments déterminants de cette variabilité. Il y a également une variabilité du recouvrement végétatif dans une même parcelle entre les sous-parcelles.

Dans notre cas, les traitements statistiques ont été réalisés sur les traits directement liés à la survie, à la reproduction, au maintien et à la protection des auxiliaires dans les communautés herbacées non cultivées. Premièrement, il a fallu savoir si il est possible de discriminer les relevés par une caractérisation des abondances de ces traits : si la sous-parcelle est visuellement différente, retrouve-t-on cette différence à l'échelle des traits fonctionnels choisis ? On sait aussi que la répartition des animaux et des végétaux est influencée par des facteurs de deux types : abiotique (climat, sol...) et biotique (compétition interspécifique et intraspécifique...) (GUETTALA FRAH, 2009) et que la diversité des espèces de mauvaises herbes dans les champs de cultures annuelles devrait dépendre à la fois la gestion locale et du paysage environnant (ROSCHEWITZ et *al.*, 2005). On souhaite donc voir si ces influences se retrouvent lors d'une approche par les traits fonctionnels utiles aux auxiliaires de culture.

2.1. Réponses aux hypothèses de départ

Chaque zone homogène pouvait être discriminée visuellement par la structure de la communauté végétale et les espèces présentes. La multiplication des relevés au sein d'une parcelle a été effectuée dans le but de vérifier si ces différences se traduisaient aussi avec l'approche par les traits fonctionnels. Une évaluation des différences entre parcelles a été effectuée également.

Il s'avère que les différents tests statistiques effectués confirment la présence de différences inter-parcelles pour certains couples de parcelles. Par exemple, on peut voir que les espèces végétales ayant une taille de corolle favorable aux auxiliaires ont un recouvrement plus important dans la parcelle 2 que dans la parcelle 4.

Le test de Kruskal-Wallis qui a suivi cette observation a tenté de déterminer ce qui, dans les déterminants choisis, pouvait influencer la structure de la communauté végétale. Les déterminants

devaient varier entre les parcelles mais pas au sein de la parcelle, il restait donc : le désherbage chimique 4 fois par an sous frondaison, le désherbage manuel, l'IFT herbicide, le nombre de passages en fertilisation chimique, l'irrigation utilisée, le type de sol (Raunet), les pluies annuelles, l'altitude moyenne et la présence de zones humides ; Mais aucun résultat probant n'en est ressorti (Annexe K). Beaucoup de déterminants se trouvaient explicatifs mais ils variaient trop entre les couples et selon les traits ne permettant pas de mettre de résultats en évidence même si dans la littérature on retrouve souvent une influence des pratiques de gestion d'une parcelle ainsi que l'influence de l'environnement (LOSOSOVA et *al.*, 2004 ; MARSHALL et ARNOLD, 1995 ; CORDEAU, 2010 ; ROSCHEWITZ et *al.*, 2005) sur la structure d'une communauté végétative.

En revanche, l'observation de différences au sein d'une même parcelle pose le problème de leur explication par des déterminants de pratiques agricoles identiques au sein d'une parcelle et des déterminants environnementaux renseignés à l'échelle de la parcelle. Ce sont alors les déterminants de chaque site qui semblent s'il influencent le plus la communauté herbacée non productive. Pour étudier les facteurs ayant un lien avec les effectifs de traits favorables de la communauté végétale au sein de la parcelle pour les divers relevés (sous-parcelles), on utilise : la pente, son orientation, l'ouverture de la zone à la lumière, l'humidité de la zone et l'habitat adjacent dominant.

Les tests de Kruskal & Wallis (2) permettent de voir que les déterminants conservés auraient une influence sur ces traits ou conditionnent la présence de ces traits. C'est le test de Wilcoxon qui permet de voir de quelle façon le déterminant peut jouer sur les différences au sein de la communauté végétale.

Il y aurait plus de pièces florales à couleur favorable en milieu fermé et les couleurs semblent plus diversifiées lorsque le milieu est fermé et humide. Il a déjà été vu que la couleur d'une fleur s'adapte à son environnement mais qu'elle peut aussi déterminer l'installation de l'espèce dans un milieu. En effet, la couleur des pétales est déterminée par la présence de pigments qui peuvent être principalement des caroténoïdes, des anthocyanines, des flavonoïdes et de la mélanine. Ces pigments jouent un rôle de protection contre les UV en les absorbant ce qui rend leur couleur plus intense et notamment plus sombre (WANG et *al.*, 2013 ; BEN-TALA et KING, 1997 ; MILLER, 2011). Ces données semblent correspondre à ce qui est observé puisque ce sont les couleurs claires qui attirent le plus les auxiliaires et donc celles qui se situeraient en milieu fermé où les fleurs sont moins pigmentées. En revanche, il est vrai que peu de lumière n'empêche pas une espèce génétiquement destinée à se protéger des rayons à s'installer en milieu fermé puisque cela ne diminuerait pas la capacité de survie de la plante. Concernant l'humidité il est difficile de trouver une explication mais on peut penser que c'est le milieu fermé qui permet de conserver une meilleure humidité au sol et que donc la liaison entre l'humidité et la couleur de la fleur est indirecte.

Le recouvrement en espèces végétales à symétries favorables aux auxiliaires de culture semble augmenter lorsque la pente est forte plutôt que légère et orientée Sud lorsque il y a une pente ou nulle. Il semble que lorsqu'une pente est forte, les plantes se doivent d'attirer de façon plus forte les auxiliaires de pollinisation puisque le terrain pose des problèmes d'atterrissage pour les insectes (USHIMARU et *al.*, 2006). Sachant que la symétrie est un des facteurs attirant ces auxiliaires il semble donc bien qu'une pente élevée soit corrélée à une présence plus élevée de plantes à symétrie radiaire puisqu'elles étaient les seules considérées comme favorables et non neutres à l'attraction des pollinisateurs. En revanche, il est étonnant qu'une pente légère ne favorise pas la symétrie alors que l'absence de pente oui, il est difficile d'expliquer pourquoi. De plus, la diversité de symétries des pièces florales serait augmentée lorsque la pente est nulle et que le site se trouve à proximité d'une forêt préférentiellement à une friche. Pour la proximité à la forêt, il est vrai que chez certaines espèces végétales (comme l'Iris pour MILJKOVIC, 2012) la variation des traits des végétaux, dont la symétrie florale est moins élevée en milieu forestier du fait d'une plus faible intensité lumineuse.

Le milieu présente des espèces végétales produisant ou ne produisant pas du NEF et des espèces non productrices lorsqu'il n'est pas humide alors que le recouvrement en plantes fabriquant du NEF lorsque le milieu est fermé est supérieur. On peut penser que les espèces ne fabriquant pas de NEF pourraient avoir plus de difficultés à s'installer dans des milieux moins ouverts à la lumière. Mais la seule information connue est qu'en effet la sécrétion de NEF est dépendante des conditions de lumière ambiante (RADHIKA et *al.*, 2010).

Concernant la cire épicuticulaire, elle est moins présente sur les milieux à pente nulle ou légère et orientée Sud, le milieu pourrait être alors plus favorable aux auxiliaires. WHITECROSS et ARMSTRONG (1972) ont vu que la diminution de l'intensité de la lumière induisait une réduction apparente du dépôt à la surface des feuilles de cette cire, de même que BAKER (1974) a observé que l'augmentation du taux d'énergie de rayonnement reçu par une plante provoquait de plus grands dépôts de cire. Ce qui confirme nos résultats puisque, dans l'hémisphère Sud, l'orientation Sud d'une pente reçoit moins de rayons lumineux.

Certaines hypothèses restent cependant difficiles à appuyer par la littérature. Par exemple, il est difficile de trouver une explication au fait que les feuilles seraient plus diversifiées en milieu fermé. On peut quand même imaginer que cette diversification pourrait être liée à une augmentation de la surface foliaire spécifique, encore que cela est à vérifier, ce qui permettrait peut être de mieux capter la lumière mais ce n'était pas le sujet de l'étude. De même, il est difficile de trouver une justification au fait que le milieu présente une diversité de tige creuse/pleine lorsque le site est humide ou encore que les morphologies des inflorescences seraient plus variées lorsque le milieu reçoit moins de lumière et qu'il se trouve à proximité d'une forêt plutôt qu'une ravine. Une hypothèse peut aussi être opposée à ce qui a déjà été observé. En effet, l'abondance en structure végétale favorable et la force de recouvrement favorable aux auxiliaires semblent plus fortes lorsque l'orientation de la pente n'est pas vers le Nord. S'ajoute à cela le fait que l'abondance de structures végétales favorables est favorisée lorsque le milieu est fermé et que les variations de recouvrement sont plus importantes en milieu humide. Les informations concernant la structure végétale sont minimales, mais le fort développement d'un couvert d'une espèce a déjà été observé lorsqu'il y a des mises en lumières de milieux précédemment couverts, souvent par des espèces envahissantes comme *Rubus fruticosus* chez DECONCHAT et BALENT (2001), ce qui s'oppose aux observations de l'étude. On n'explique alors pas la force de recouvrement obtenue, mais on peut supposer que les espèces favorisées par la luminosité ne sont pas celles qui portent forcément une structure végétale intéressante.

En résumé, il semble que les parcelles proches d'une forêt, avec la présence de lieux humides dans une zone plutôt fermée à la lumière sans pente (ou si la pente est légère une orientation Sud) soient plus favorables à la présence des traits nécessaires à la présence d'auxiliaires de culture, alors que des parcelles en milieu ouvert et orientée Nord serait moins favorables. Mais si l'on se concentre sur l'abondance des traits favorables aux auxiliaires, qui est notre sujet d'étude primordial, il semblerait qu'un milieu fermé sans pente ou légèrement orienté Sud soit plus favorable à la lutte biologique.

2.2. Conclusion de la discussion

Il semble qu'il soit possible pour certains des traits choisis de discriminer un relevé par rapport à un autre et que donc il soit possible de discriminer les végétations herbacées par ces traits fonctionnels qui sont principalement, la couleur de l'inflorescence, la symétrie de l'inflorescence, la présence de glandes productrices de NEF et l'absence de cire épicuticulaire (foliaire). Ces traits ont été sélectionnés pour leur facilité d'observation, même si l'on peut remettre en cause la reconnaissance de cire foliaire et de glandes productrices de nectar extrafloral qui s'avèrent en réalité plus difficiles à observer que prévu et pour lesquels il pourrait être intéressant d'approfondir la reconnaissance.

Ces traits seraient plus influencés par les conditions environnementales. Ce type d'influence de l'environnement sur le milieu a déjà été démontré à de nombreuses reprises mais pas en terme de traits. LOSOSOVA et *al.* (2004), a vu que l'altitude influe sur la diversité de la végétation des mauvaises herbes. Il a déjà été vu que le type de frontière ou d'habitat adjacent joue sur la présence de certaines espèces (MARSHALL et ARNOLD, 1995) et est même parfois considéré comme ayant plus d'influence que le type de gestion (CORDEAU, 2010). Ce n'est d'ailleurs pas le seul car on retrouve certains articles où l'approche est plus généraliste comme chez LOSOSOVA (2004) qui souligne que la variabilité géographique du climat et du sol est généralement plus importante pour la composition des mauvaises herbes que les pratiques de gestion ou les cultures associées. Ces habitats adjacents sélectionnent aussi le type d'espèces s'implantant de par leur différence d'aptitude à se développer sous un couvert ou en milieu humide. Les traits fonctionnels choisis semblent être issus d'une accommodation ou d'une adaptation (aptitude naturelle à supporter certaines conditions de vie) induisant l'implantation ou non d'une plante et/ou son accommodation induisant une variation de l'expression de ses traits.

Il faut réfléchir à d'autres méthodes de gestion ou à de nouvelles installations que celles de la modification des pratiques dans le cadre de notre étude. Il n'y a pas d'influence visible des pratiques pour les traits favorables aux auxiliaires.

On ne peut pas dire que les déterminants choisis concernant les pratiques n'étaient pas adaptés aux résultats rencontrés. Si les relevés d'une même parcelle avaient des traits de communauté semblables ils auraient pu être utilisables. Dans notre cas les pratiques ne peuvent pas expliquer les résultats obtenus et seules les données environnementales relevées à l'échelle de la sous-parcelle pouvaient être croisées avec l'abondance et la diversité de chaque communauté herbacée non cultivée. Ce qui est opposé au fait que CORDEAU (2010) ai vu plus de différences entre ses bandes enherbées qu'au sein même de ses bandes enherbées.

A partir de cette réflexion, on peut passer à la recherche de possibilités d'aménagement pour améliorer la lutte biologique tout en gardant en tête certaines réflexions des agriculteurs.

3. Idéotype d'habitat pour les vergers d'agrumes

3.1. Objectif de l'idéotype

L'objectif de cet idéotype est de présenter des solutions possibles d'optimisation de la gestion par de nouvelles installations ou des façons différentes de gérer la végétation herbacée non productive sans occasionner de nouvelles contraintes pour le producteur. En effet, une bonne gestion du milieu couplée à une diminution des intrants chimiques, est un outil puissant pour la conservation du contrôle biologique (LANDIS et *al.*, 2000 ; PFIFFER et LUKA, 2003 ; GURR et *al.*, 2004). Dans ces conditions, ces habitats pourraient constituer des structures privilégiées pour les auxiliaires des cultures, où les prédateurs (syrphes, coccinelles, acariens...) et les parasitoïdes des ravageurs trouveraient un refuge ou des ressources de nourriture indispensables à leur développement (WÄCKERS, 2004). Cette biodiversité fonctionnelle favorisée contribuerait à la lutte biologique par conservation sur la parcelle.

3.2. Principales contraintes culturelles à prendre en compte

Les contraintes liées à la gestion des communautés herbacées des vergers en zone de culture tropicale sont nombreuses et conduisent à des perturbations importantes (usage important d'herbicides et/ou mécanisation régulière). Ces pratiques de gestion de l'enherbement actuelles visent à limiter les compétitions pour les ressources (lumière, eau, nutriment principalement).

L'objectif de cet idéotype n'est pas de créer un milieu compétiteur de la culture qui conduirait inexorablement à une diminution de la croissance végétative et donc des rendements (RIPOCHE, 2009). Il faut donc rechercher un équilibre acceptable notamment par le producteur où le temps, les coûts induits et l'interférence avec la production doivent être minimales.

3.3. Gestion et manipulations possibles pour obtenir/conserver les services souhaités

Si on suit la logique des résultats obtenus, des actions qui auraient un impact sur l'environnement sembleraient plus propices à la présence des auxiliaires de culture au sein d'un verger. Le but n'était vraiment pas de regarder les caractéristiques attirant des auxiliaires présélectionnés mais un ensemble varié d'auxiliaires de culture. Il faudra donc rester sur les classes de traits importants pour un grand nombre d'auxiliaire. L'adaptation des techniques de gestion est envisageable pour essayer de faire durer dans le temps les conditions favorables aux auxiliaires au sein de la parcelle.

Il faut aussi prendre en compte les bénéfices que la végétation herbacée devrait apporter selon les agriculteurs afin d'avoir des leviers d'acceptation de changement de gestion de l'enherbement: plus de fraîcheur et plus d'humus au sol, moins de temps d'entretien, abriter des insectes utiles, protéger de l'érosion, diminuer les graminées et la présence d'espèces envahissantes.

Suite à cela, voici quelques propositions de gestion :

- Travailler le sol en superficie

On pourrait envisager un travail du sol superficiel mais cela demanderait du temps et un matériel adapté. En effet CORDEAU (2010) a signalé que sans travail du sol dans les bandes enherbées les graines dispersées ou semées restent à la surface du sol et sont consommées par divers insectes et oiseaux. Cependant, le labour sera à éviter car il affecte les parasitoïdes alors qu'une zone peu ou non perturbée leur sera favorable dans le temps (THIES et *al.*, 2003).

Le travail superficiel du sol est donc bénéfique de façon aléatoire et demande des investissements, ce peut être une solution mais elle ne semble pas être très bien adaptée à notre situation.

- Apporter des semences florales et planter des haies

L'introduction d'espèces florales est connue pour augmenter l'abondance des prédateurs de ravageurs et de proies alternatives (GURR et *al.*, 2004). Il apparaît aussi que l'association de plantes annuelles, bisannuelle et pérennes serait un idéal. Il faut cependant éviter l'envahissement du milieu par des espèces pérennes car nous sommes dans des lieux de passages de l'agriculteur et que ces espèces auront tendance à envahir le milieu, empêchant le développement des espèces annuelles qui elles mêmes seront remplacées par des espèces ligneuses (BUREL et *al.*, 2008).

On pourrait penser à semer des graines de fleurs annuelles à croissance rapide au risque qu'elles deviennent envahissantes ou finissent par disparaître. Semer des espèces déjà présentes pour ne pas perturber le milieu et être sûr de la réussite de la germination. Mais on ne souhaite pas semer tous les ans il faudra donc réorganiser la fauche de sorte que les monocotylédones ne reprennent pas le dessus et que les dicotylédones aient le temps de produire des graines. Cela nécessite une étude de la fauche dans les différentes conditions environnementales de l'île afin de mieux comprendre le fonctionnement d'un enherbement selon les conditions écologiques.

On peut aussi planter des espèces attirant les auxiliaires en haie plus basse que les arbres (pour éviter la compétition à la lumière) et non porteuse de ravageurs de la culture.

Il pourrait aussi être intéressant de voir si il est possible d'introduire dans l'enherbement une espèce végétale attirant un ravageur (non ravageur de la culture présente) qui à son tour attirerait un auxiliaire généraliste qui pourrait alors s'attaquer aux ravageurs de culture. En effet, les plantes peuvent induire lors de l'agression du ravageur des signaux chimiques qui attireraient les prédateurs (AGRAWAL, 2000).

- Réorganiser la fauche et diminuer les perturbations

Selon RIEUX et *al.* (1999), il faudrait de préférence rechercher à favoriser la flore déjà présente afin d'obtenir un effet plus immédiat. Or dans le milieu il y a souvent une dominance de graminées qui ne sont pas des espèces particulièrement intéressantes pour leur attractivité dans le cadre de la lutte biologique et gênantes pour le travail de l'agriculteur. Il est de plus connu que ces espèces sont d'importantes concurrentes de la culture (FUTCH, 2002). Elles ont une croissance rapide empêchant la croissance de nombreuses dicotylédones plus lentes. On sait que de hauts niveaux de perturbation vont favoriser les espèces à cycle court (Poaceae, hemicryptophytes à rosette), à taux de croissance élevé et qui produisent beaucoup de petites semences à fortes dispersions (CORDEAU, 2010). Les fauches répétées font partie des perturbations les plus importantes favorisant ces espèces car elles ont le temps de finir leur cycle et donc de produire des semences viables (CORDEAU, 2010). En effet, elles ont souvent des ports rampants ou des organes de survie positionnés de telle façon qu'ils évitent la fauche (CORDEAU, 2010). Malgré cela elles permettent de retenir le sol et de diminuer les risques d'érosion de celui-ci. Il faudrait donc en conserver en partie mais les contenir pour qu'elles n'envahissent pas le milieu en empêchant aux dicotylédones de s'installer et cela pourrait se faire par une évolution de la gestion de la fauche.

La fauche et son intensification (nombres de coupes et précocité des dates de coupe) favorisent donc les espèces à cycle court mais ont aussi un effet dépressif sur la richesse des plantes (BUREL, 2008). Cela est lié au fait que les graminées sont des stratégies R. C'est à dire qu'ils dépensent 70% de leur énergie dans la fabrication de graines et qu'ils peuvent s'installer dans les milieux dépourvus de végétation. Alors que dans notre cas on souhaiterait favoriser les espèces à stratégie K qui sont plus exigeantes et avec une productivité plus faible. Leur croissance n'est efficace que si le milieu est stable.

Tout cela fait que les monocotylédones et notamment les graminées ont une capacité de réponse face à une perte de biomasse plus forte grâce à leurs formes clonales et la position basse de leur méristème (qui tolère mieux la défoliation mécanique) (PYWELL et *al.*, 2003).

En dehors de la fréquence, il faut aussi considérer la date de fauche. Une coupe trop précoce empêchera la production de graines des espèces non clonales alors que la coupe trop tardive induira un milieu trop fermé pour l'installation de nouvelles plantes (BUREL, 2008) de par la compétition pour la lumière pour la germination des graines et du manque de contact avec le sol (CORDEAU, 2010). Il faut donc réussir à espacer les fauches tout en gardant les perturbations à un niveau assez élevé pour diminuer la compétition afin de permettre aux espèces les plus lentes de se développer et de disperser des graines.

Il faut aussi penser à faciliter les déplacements et la survie des auxiliaires tout au long de l'année. Or, on sait que les éléments de type enherbement jouent un rôle clé pour la biodiversité en milieu agricole en tant qu'habitat mais aussi en tant que corridor pour les mouvements ou les refuges saisonniers de nombreuses espèces (BUREL, 2008). On pourrait donc penser à alterner les fauchages ou à conserver des îlots de végétation. Cela permettra de garder au sein de la parcelle des sources de pollen, de refuge... nécessaires à la vie des auxiliaires (LANDIS et *al.*, 2000).

L'utilisation d'herbicides ne sera pas préconisée car elles modifient la phénologie des espèces végétales, leur répartition et leur proportion, d'autant plus qu'elle augmente les risques d'érosion. S'ajoute à cela l'action négative sur les auxiliaires. Par exemple, l'étude de la *Chrysoperla externa*

menée par SCHNEIDER et *al.* en 2009 a montré que l'utilisation de glyphosate entraînait une durée de vie plus courte de l'espèce. La période pré reproductive était plus longue alors que la fécondité et la fertilité avait été réduite entraînant une baisse de la population.

Un autre des bénéfices de la fauche pourrait être d'utiliser le résultat de la fauche issu de l'enherbement qui pourrait être utilisé comme insectarium. C'est ce que proposent GRAFTON-CARDWELL et *al.*, 1999 en proposant que les plantes coupées soient placées sur les arbres d'agrumes afin d'augmenter le contact ravageur-auxiliaire.

4. Critiques et perspectives

Certaines espèces peuvent être latentes au moment du relevé à cause d'un manque de temps pour leur développement (CORDEAU, 2010) entre les différents passages d'herbicides ou de fauchage. Pour cette raison on obtient une image proche des traits présents dans la communauté végétale herbacée non productive mais on aura du mal à connaître le potentiel de la parcelle si les passages se retrouvent plus espacés. D'autant plus que certaines caractéristiques comme le recouvrement sont modifiées selon les saisons (LOSOSOVA et *al.*, 2004). Ces limites mènent à une connaissance imparfaite de l'influence de la gestion sur le potentiel en traits favorables de la communauté.

Pour cette raison, multiplier les répétitions au cours du temps serait intéressant. Ainsi, on pourrait peut-être mettre en évidence une influence des saisons, renforcer les tests statistiques, vérifier si les traits restent dans les mêmes proportions au cours de l'année pour une même communauté végétale herbacée non productive.

Il serait aussi intéressant de rajouter des conditions écologiques plus variées en répétant le protocole dans d'autres régions de l'île. On pourra par ailleurs comparer ce que perçoivent les agriculteurs de leur enherbement en fonction des régions de l'île. Cela permettra aussi de mettre en avant l'influence de certaines pratiques qui n'ont peut-être pas été mises en évidence par l'augmentation de leur fréquence ou par des variations plus importantes. Par exemple, impossible de faire un lien entre l'apport de fertilisation organique et le milieu mais cela peut être dû au fait qu'il n'y ai qu'un seul agriculteur qui applique cette méthode. On pourra aussi faire varier les conditions écologiques de manière plus marquante.

Il faudrait arriver à obtenir certaines conditions écologiques de façon plus précise: pH du sol, %MO, profondeur du sol de surface, luminosité au sol, pluviométrie précise, noter les espèces présentes dans les milieux adjacents pour expliquer leur présences dans le relevé. Ainsi on pourrait vérifier l'influence ou non d'éléments qui par manque de précision ont été supprimés des tests statistiques.

Une notion qui n'a pas encore pu être abordée est celle des traits défavorables. Pour aller plus loin il faudrait chercher à savoir quels traits sont défavorables aux auxiliaires et lesquels sont neutres dans les traits considérés comme non favorables (Annexe L) afin de contrebalancer les résultats en traits favorables.

Au cours de l'étude qui suivra ce mémoire, il faudrait effectuer des vérifications comme identifier quels sont les auxiliaires présents dans la parcelle en fonction des améliorations apportées afin de savoir si ces nouvelles méthodes favorisent réellement les auxiliaires.

On pourra aussi vérifier quelle est réellement la consommation de ressources alternatives de la part des auxiliaires sur une parcelle par capture et dissection de quelques individus ou encore par observations des comportements de la faune auxiliaire.

Il a été montré que la fauche influence les communautés végétales comme chez BUREL, 2008. Mais dans notre cas, il n'y a pas vraiment de gestion autre que la fauche, qui est menée plus ou

moins de la même façon, ce qui peut expliquer que l'on ne retrouve pas cette information. Seule une parcelle n'est pas fauchée mais elle est entièrement désherbée chimiquement laissant peu de temps aux espèces végétales de se développer. Il est vrai pourtant que l'on retrouve beaucoup de plante à structure étalée ou volubile mais nos données ne permettent pas d'en tirer une conclusion.

Finalement, il faudra peut-être identifier d'autres traits des espèces utiles pour diriger les manipulations d'habitats. Ainsi, la gestion pourra être adaptée aux ports des plantes et au temps qui est nécessaire à chaque espèce pour produire des graines viables.

Conclusion

Cette étude a porté sur l'utilisation des traits favorables des végétaux d'une communauté herbacée non productive. L'approche fonctionnelle pour l'amélioration de la lutte biologique par conservation des habitats a mené à un état de l'art conséquent, un premier état des lieux, des premiers essais de mesures du recouvrement en traits végétal favorables aux auxiliaires car ce type d'approche n'a pas encore été mené.

Il a été vu que les communautés végétales pouvaient être discriminées par les traits sélectionnés et que finalement il s'avère que les facteurs influençant probablement plus la composition en traits favorables aux auxiliaires seraient environnementaux. D'autant plus lorsque l'on aperçoit qu'au sein d'une même parcelle où exactement les mêmes pratiques de gestion sont menées, les relevés phytosociologiques diffèrent entre eux.

Il convient donc de jouer sur des composantes de l'environnement possiblement liées aux traits favorables. Il faut notamment diminuer la lumière directe puisque les milieux humides, non pentus et plus fermés à la lumière augmenteraient la présence de traits de végétaux favorables aux auxiliaires au sein de la communauté végétale herbacée. Il a donc été envisagé d'orienter le milieu vers ces conditions environnementales notamment par l'implantation de haies. Il fallait aussi penser à inverser la tendance des monocotylédones à envahir le milieu, pour cela réintroduire des semences florales et réorganiser la fauche.

Ceci permet donc de placer de premières approches fonctionnelles qui pourront être utiles à la lutte biologique par optimisation des communautés végétales herbacées non productives et l'ajout de nouvelles techniques (travail du sol, implantation de haies, semis etc.).

Bibliographie

ACTU-ENVIRONNEMENT, 2012. Dictionnaire environnement [En ligne]. Date de consultation : 16/04/2013. Disponible sur :
< http://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/biomasse.php4>

AGRESTE, 2011. Recensement agricole 2010 : Premiers résultats. France : Agreste. 4 p.

AGRAWAL, A.A., 2000. Mechanisms, ecological consequences and agricultural implications of tri-trophic interactions. *Current Opinion in Plant Biology*. n°3. p. 329-335.

ALBREHT, H., 2003. Suitability of arable weeds as indicator organisms to evaluate species conservation effects of management in agricultural ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. n°98. p. 201-211.

ALMOHAMAD, R., VERHEGGEN, F.J., FRANCIS, F. et HAUBRUGE E., 2007. Predatory hoverflies select their oviposition site according to aphid host plant and aphid species. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. n°125. p. 13-21.

AMARAL, D.S.S.L., VENZON, M., DUARTE, M.V.A., SOUSA, F.F., PALLINI, A. et HARDWOOD, J.D., 2013. Non-crop vegetation associated with chili pepper agroecosystems promote the abundance and survival of aphid predators. *Biological Control*. n°3. Vol. 64. p. 338-346.

ARIMURA, G., KOST, C. et BOLAND, W., 2005. Herbivore-induced, indirect plant defences. *Biochimica et Biophysica Acta*. n° 1734. p. 91-111.

BAGGEN, L.R. et GURR, G.M., 1997. The influence of food on *Copidosoma koehleri* (Hymenoptera : Encyrtidae), and the use of flowering plants as a habitat management tool to enhance biological control of potato moth, *Phthorimeae operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae).

BAGGEN, L.R., GURR, G.M. et MEATS, A., 1999. Flowers in tri-trophic systems: mechanisms allowing selective exploitation by insect natural enemies for conservation biological control. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. n°91. p. 155–161.

BAKER, E.A., 1974. The influence of environment on leaf wax development in *Brassica Oleracea* var. *gemmifera*. *New Phytologist*. n°5. Vol. 73. p. 955-966.

BARBERI, P., BURGIO, G., DINELLI, G., MOONEN, A.C., OTTO, S., VAZZANA, C. et ZANIN, G., 2010. Functional biodiversity in the agricultural landscape: relationship between weeds and arthropods fauna. *Weed research*. n°50. p. 388-401.

BASSENE, C., MBAYE, M.S., KANE, A., DIANGAR, S. et NOBA K., 2012. Flore adventice du maïs (*Zea mays* L.) dans le sud du Bassin arachidier (Sénégal) : structure et nuisibilité des espèces. *Journal of Applied Bioscience*. n°59. p. 4307-4320.

BEGUM, M., GURR, G.M., WRATTEN, S.D. et NICOL, H.I., 2004. Flower color affects tri-trophic-level biocontrol interactions. *Biological control*. n°30. p. 584-590.

BEN-TALA, Y. et KING, R.W., 1997. Environmental factors involved in colouration of flowers of Kangaroo Paw. *Scientia Horticulturae*. n°1. Vol. 72. p. 35-48.

BERNDT, L.A., WRATTEN, S.D. et HASSAN, P.G., 2002. Effects of buckwheat flowers on leafroller (Lepidoptera: Tortricidae) parasitoids in a New Zealand vineyard. *Agricultural and Forest Entomology*. n°4. p. 39-45.

- BERTRAND, J.**, 2001. Agriculture et biodiversité – un partenariat à valoriser. France : Educagri. 158 p. ISBN 2844441688
- BERTRAND, M.** et **DORE, T.**, 2008. Comment intégrer la maîtrise de la flore adventice dans le cadre général d'un système de production intégrée ? Innovations agronomiques. n°3. p. 1-13.
- BIANCHI, F.** et **WÄCKERS, F.L.**, 2008. Effects of flower attractiveness and nectar availability in field margins on biological control by parasitoids. Biological control. n°3. Vol. 46. p. 400-408.
- BOMMARCO, R.**, **KLEIJN, D.** et **POTTS, S.G.**, 2012. Ecological intensification : harnessing ecosystem services for food security. Trends in ecology and evolution. n° non define. 9 p.
- BOOIJ, CJH** et **NOORLANDER, J.**, 1992. Farming systems and insect predators. Agricultural Ecosystems and Environment. n°40. p.125-135.
- BOSSER, J.**, **CADET, TH.**, **GUEHO, J.** et **MARAIS, W.**, 1976-2009. Flore des Mascareignes. 25 tomes parus. IRD (Paris), The Sugar industry Research Institute (Maurice) et The Royal Botanic Gardens (Royaume-Uni).
- BRANDENBURG, A.**, **DELL'OLIVO, A.**, **BSHARY, R.** et **KUHLEMEIER, C.**, 2009. The sweetest thing, Advances in nectar research. Plant biology. n°12. p. 486–490.
- BRUN, L.O.**, **CHAZEAU, J.** et **EDGE, V.E.**, 1983. Toxicity of four insecticides to *Phytoseiulus macropilis* (Banks) and *P. permisilis* Athias-Henriot (Acarina: Phytoseiidae). Journal of the Australian Entomological Society. n°22. p. 303-305.
- BUREL, F.**, **GARNIER, E.**, **AMIAUD, B.**, **AULAGNIER, S.**, **BUTET, A.**, **CHAUVEL, B.**, **CARRE, G.**, **CORTET, J.**, **COUVET, D.**, **JOLY, P.**, **LESCOURRET, F.**, **PLANTUREUX, S.**, **SARTHOU, JP.**, **STEINBERG, C.**, **TICHIT, M.**, **VAISSIERE, B.**, **VAN TUINEN, D.** et **VILLENAVE, C.**, 2008. Chapitre 1 : Les effets de l'agriculture sur la biodiversité. In : INRA. EsCO « Agriculture et Biodiversité ». France : INRA. 139 p.
- CATTIN, M.F.**, **BLANDENIER, G.**, **BANASEK-RICHTER, C.** et **BERSIER, L.F.**, 2002. The impact of mowing as a management strategy for wet meadows on spider (Araneae) communities. Biological conservation. n°113. p. 179-188.
- CIRAD**, 1993. La culture des agrumes à l'île de la Réunion. France : CIRAD. 102 p. ISBN : 2876141167.
- CIRAD**⁽¹⁾, 2012. FRuiTRoP. Agrumes. n°205. 72 p.
- CIRAD**⁽²⁾, 2012. Produire des fruits "haute qualité" ! In : Le CIRAD, actualités [En ligne]. Date de consultation : 18/04/2013. Disponible sur <<http://reunion-mayotte.cirad.fr/actualites/ecofrut>>
- COLIGNON, P.**, **FRANCIS, F.**, **FADEUR, G.** et **HAUBRUGE, E.**, 2004. Aménagements de la composition floristique des mélanges agri-environnementaux afin d'augmenter les populations d'insectes auxiliaires. Parasitica. n° 60. p. 3-18.
- COMMISSION EUROPEENNE**, 2012. Groupe de travail Prévisions Agrumes. European Commission. AGRI.C.2 / AGR25 / 12. 140 p.
- CORDEAU, S.**, 2010. Conséquences de la mise en place des bandes enherbées sur l'évolution de la flore adventice. Doctorat : Institut National de Recherche Agronomique. 496 p.
- CORTESERO, A.M.**, **STAPEL, J.O.** et **LEWIS W.J.**, 2000. Understanding and manipulating plant attributes to enhance biological control. Biological control. n°17. p. 35-49.

CROFT, B.A., BLACKWOOD, J.S. et MCMURTY, J.A., 2004. Classifying life-style types of phytoseiid mites: diagnostic traits. *Experimental and Applied Acarology*. n°33. p. 247-260.

CTA (Centre Technique de coopération Agricole et rurale), 2008. Lutte intégrée contre les ravageurs. Pays-Bas : WRENmedia. 34 p.

DE BELLO, F., LAVOREL, S., DIAZ, S., HARRINGTON, R., CORNELISSEN, J.H.C., BARDGETT, R.D., BERG, M.P., CIPRIOTTI, P., FELD, C.K., HERING, D., DA SILVA, P.M., POTTS, S.G., SANDIN, L., SAOUSA, J.P., STORKEY, J., WARDLE, D.A. et HARRISON, P.A., 2010. Towards an assessment of multiple ecosystem processes and services via functional traits. *Biodiversity Conservation*. n°19. p. 2873-2893.

DEBRAS, J-F, 2007. Rôles fonctionnels des haies dans la régulation des ravageurs: le cas du psylle *Cacopsylla pyri* L. dans les vergers du Sud-Est de la France. Doctorat : Institut National de Recherche Agronomique. 240 p.

DECONCHAT, M., et BALENT, G., 2001. Effets des perturbations du sol et de la mise en lumière occasionnées par l'exploitation forestière sur la flore à une échelle fine. *Annals of Forest Science*. n°3. Vol. 58. p. 315-328.

EIGENBRODE, S.D., 2004. The effects of plant epicuticular waxy blooms on attachment and effectiveness of predatory insects. *Arthropod Structure and Development*. n°33. p. 91-102.

ELTON, C., 1966. *The Pattern of Animal Communities*. Angleterre: Methuen. 432 p.

EYRE, M.D., LABANOWSKA-BURY, D., WHITE, R. et LEIFERT, C., 2011. Relationships between beneficial invertebrates, field margin vegetation, and thrip damage in organic leek fields in eastern England. *Organic Agriculture*. n°1. p. 45-54.

FAO, 2007. Pollinators: neglected biodiversity of importance to food and agriculture. Commission on genetic resources for food and agriculture. 12 p.

FAO, 2012. Agrumes frais et transformés, Statistiques annuelles, 2012. 46 p.

FAURIE, C., FERRA, C., MEDORI, P., DEVAUX, J. et HEMPTINNE, J-L., 2006. *Ecologie : Approche scientifique et pratique* (5^{ème} édition). France : Edition TEC & DOC. 407 p. ISBN 2743005653.

FENSTER, C.B., ARMBRUSTER, W.S., WILSON, P., DUDASH, M.R. et THOMSON, J.D., 2004. Pollination syndromes and floral specialization. *Annual review of ecology and systematics*. n°35. p. 375-403.

FIEDLER, A.K., LANDIS, D.A. et WRATTEN, S.D., 2007 (1). Maximizing ecosystem services from conservation biological control : The role of habitat management. *Biological Control*. n°45. p. 254-271.

FRANK, T., 1996. Species diversity and activity densities of epigaeic and flower visiting arthropods in sown weed strips and adjacent fields. n°19. p. 101-105.

FRANK, T., 1997. Species diversity of ground beetles (Carabidae) in sown weed strips and adjacent fields. *Biological agriculture and horticulture*. n°1-4. p. 297-307.

FRANK, T., 1999. Density of adult hoverflies (Dipt., Syrphidae) in sown weed strips and adjacent fields. *Journal of Applied Entomology*, n°123. p. 351-355.

FRIED, G., NORTON, L.R. et REBOUD, X., 2008. Environmental and management factors determining weed species composition and diversity in France. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. n°128. p. 68-76.

FUTCH, S.H., 2002. Vegetation management in row middles in Florida Citrus. Institut of Food and Agricultural Sciences. n°02025. 5 p.

GALETTO, L. et **BERNARDELLO, G.**, 2004. Floral nectaries, nectar production dynamics and chemical composition in six *Ipomoea* species (Convolvulaceae) in relation to pollinators. Annals of Botany. n°94. p. 269-280.

GARCIN, A., et **VANDROT, H.**, 2003. Organically-grown peaches: the value of flower beds in attracting aphid-eaters. 4 p.

GARNIER, E. et **NAVAS, M-L**, 2012. A trait based approach to comparative functional plant ecology : concepts, methods and applications for agroecology. A review. Agronomy for Sustainable Development. n°32. p. 365-399.

GASSMANN, A.J. et **HARE, J.D.**, 2005. Indirect Cost of a Defensive Trait: Variation in Trichome Type Affects the Natural Enemies of Herbivorous Insects on *Datura wrightii*. Oecologia. n°144. p. 62-71.

GENEAU, C.E., **WÄCKERS, F.L.**, **LUKA, H.**, **DANIEL, C.** et **BALMER, O.**, 2012. Selective flower to enhance biological control of cabbage pests by parasitoids. Basic and Applied Ecology. n°1. Vol 13. p. 85-93.

GEOPOPULATION, 2013. Démographie mondiale : les projections 2050 constituent la chaire développement durable du Collège de France [En ligne]. Date de consultation : 19/02/2013. Disponible sur < <http://www.geopopulation.com/20090307/demographie-mondiale-les-projections-2050-constituent-la-chaire-developpement-durable-du-college-de-france/>>

GILLER, K.E., **BEARE, M.H.**, **LAVELLE, P.**, **IZAAC, A.M.N.** et **SWIFT, M.J.**, 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. Applied Soil Ecology. n°6. p. 3–16.

GOULSON, D., 1999.3 Foraging strategies of insects for gathering nectar and pollen, and implications for plant ecology and evolution. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics. Vol. 2/2. p. 185-209.

GRAFTON-CARDWELL, E.E., **OUYANG, Y.** et **BUGG, R.L.**, 1999. Leguminous cover crops to enhance population development of *Euseius tularensis* (Acari: Phytoseiidae) in citrus. Biological control. n°16. p. 73-80.

GRIME, J.P., 2002. Plant strategies, vegetation processes and ecosystems properties. 2ème édition. Angleterre: Wiley. 419 p. ISBN 047085040X.

GRUNDY, A.C., **MEAD, A.**, **BOND, W.**, **CLARK, G.** et **BURSTON, S.**, 2010. The impact of herbicide management on long-term changes in the diversity and species composition of weed populations. Weed research. n°51. p. 187-200.

GUETTALA FRAH, N., 2009. Entomofaune, impact économique et bio-écologie des principaux ravageurs du pommier dans la région des Aurès. Doctorat : Université de Batna, Faculté des sciences – Département d'agronomie. 178 p.

GUMBERT, A., 2000. Color choices by bumble bees (*Bombus terrestris*): innate preferences and generalization after learning. Behavioral Ecology and Sociology. n°48. p. 36-43.

GURR, G.M., **THWAITE, W.G.**, **VALENTINE, B.J.** et **NICOL, H.J.**, 1997. Factors affecting the presence of *Typhlodromus spp.* (Acarina : Phytoseiidae) in the calyx cavities of apple fruits and implications for integrated pest management. Experimental and Applied Acarology. n°21. p. 357-364.

GURR, G.M., WRATTEN, S.D. et VAN EMDEN, H.F., 1998. Habitat manipulation and natural enemy efficiency: implications for the control of pests. *In*: Barbosa, P. (Ed.), Conservation Biological Control. San Diego: Academic Press. p. 155–183.

GURR, G.M., WRATTEN, S.D., et ALTIERI, M.A., 2004. Ecological Engineering for Pest Management. *In*: Advances in habitat manipulation for arthropods. Australie: CSIRO. 225 p. ISBN 0643090223.

HAJEK, A., 2002. Biological control of insects and mites. *In*: Encyclopedia of Pest Management. Etats-Unis: Pimentel. p. 57–59.

HANLEY, M.E., LAMONT, B.B., FAIRBANKS, M.M. et RAFFERTY, C.M., 2007. Plant structural traits and role in anti-herbivore defence. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics. n°8. p. 157-178.

HARRINGTON, R., ANTON, C., DAWSON T.P., DE BELLO, F., FELD, C.K., HASLETT, J.R., KLUVANKOVA-ORAVSKA, T., KONTOGIANNI, A., LAVOREL, S., LUCK, G.W., ROUNSEVELL, M.D.A., SAMWAYS, M.J., SETTELE, J., SKOURTOS, M., SPANGENBERG, J.H., VANDEWALLE, M., ZOBEL, M. et HARRISON, P.A., 2010. Ecosystem services and biodiversity conservation: concepts and a glossary. Biodiversity Conservation. n°19. p. 2773-2790.

HARRISON, P.A., 2010. Ecosystem services and biodiversity conservation: an introduction to the RUBICODE project. Biodiversity conservation. n°19. p. 2767-2772.

HARRISON, P.A., VANDEWALLE, M., SYKES, M.T., BERRY, P.M., BUGTER, R., DE BELLO, F., FELD, C.K., GRANDIN, U., HARRINGTON, R., HASLETT, J.R., JONGMAN, R.H.G., LUCK, G.W., DA SILVA, P.M., MOORA, M., SETTELE, J., SOUSA, J.P. et ZOBEL, M., 2010. Identifying and prioritising services in European terrestrial and freshwater ecosystems. Biodiversity Conservation. n°19. p. 2791-2821.

HAUSAMMANN, A., 1996. The effects of sown weed strips on pests and beneficial arthropods in winter wheat fields. Plant Diseases and Protection n°103. p. 70-81.

HICKMAN, J.M., LOVEI, G.L. et STEPHEN, D., 1995. Pollen feeding by adults of the hoverfly *Melanostoma fasciatum*. New Zealand Journal of Zoology. n°4, Vol. 22. p. 387-392.

IDAO, date inconnue. A Multimedia Approach to Computer Aided Identification [En ligne]. Date de consultation : 03/2013. Disponible sur : <<http://idao.cirad.fr/home>>

IRVIN, N.A., HODDLE, M.S. et CASTLE, S.J., 2007. The effect of resource provisioning and sugar composition of foods on longevity of three *Gonatocerus* spp., egg parasitoids of *Homalodisca vitripennis*. Biological control. n°40. p. 69-79.

JABBOUR, F., NADOT, S. et DAMERVAL, C., 2009. Evolution of floral symmetry : a state of the art. Comptes Rendus Biologies. n°332. p. 219-231.

KOBAYASHI, H., NAKAMURA, Y. et WATANABE, Y., 2003. Analysis of weed vegetation of no-tillage upland fields based on the multiplied dominance ratio. Weed Biology and Management. n°3. p. 77-92.

LAMBINON, J., DELVOSALLE, L. et DUVIGNEAUD, J., 2004. Nouvelle flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des Régions voisines. Belgique : Jardin botanique national de Belgique. 1167 p. ISBN 9072619587.

LANDIS, A.D., WRATTEN, S.D. et GURR, G.M., 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropods pests in agriculture. Annual Review of Entomology, n°45. p. 175-201.

LAROUSSE, date inconnue. Ecosystème. In : Encyclopédie Larousse [En ligne]. Date de consultation : 18/04/2013. Disponible sur : <<http://www.larousse.fr/encycopedie/nom-commun-nom/%C3%A9cosyst%C3%A8me/45649>>

LAVANDERO, L., WRATTEN, S.D., DIDHAM, R.K. et GURR G., 2006. Increasing floral diversity for selective enhancement of biological control agents: A double-edge sword? Basic and Applied Ecology. n°7. p. 236-243.

LE BOURGEOIS T., JEUFFRAULT, E. et FABRIGOULE, S., 1999. AdvenRun, Principales mauvaises herbes de La Réunion. Réunion : CIRAD– Service de la Protection des Végétaux. 124 p.

LE BUANEC, B., BAZIN, G., BERANGER, C., BERNARD, J-L., DATTEE, Y., DENIS, B., GUEGUEN, L., IGNAZI, J-C., MAUCHAMP, B., MENORET, Y., PASCAL, G., PELLETIER, G., SEBILLOTTE, M. et VIAUX, P., 2010. Agriculture biologique, Regards croisés d'un groupe de travail de l'Académie d'Agriculture de France. 108 p.

LEDRU, M.P., SALGADO-LABOURIAUB, M.L. et LORSCHETTERC, M.L., 1998. Vegetation dynamics in southern and central Brazil during the last 10,000 yr B.P. Review of Palaeobotany and Palynology. n°2. Vol. 99. p. 131-142.

LEROY P., 2007. Le syrpe ceinturé *Episyrphus balteatus* (DeGeer) (Diptera, Syrphidae), un auxiliaire efficace pour le contrôle biologique des pucerons dans nos agroécosystèmes : biologie et facteurs d'oviposition. 10 p.

LEWIS, W.F., STAPEL, J.O., CORTESERO, A.M. et TAKASU, K., 1998. Understanding how parasitoids balance food and host needs: Importance to biological control. Biological control. n°11. p. 175-183.

LOSOSOVÁ, Z., CHYTRÝ, M., CIMALOVÁ, S., KROPÁČ, Z., OTÝPKOVÁ, Z., PYŠEK, P. et TICHÝ, L., 2004. Weed vegetation of arable land in Central Europe: Gradients of diversity and species composition. Journal of Vegetation Science. n°15. p. 415-422.

LUNDGREN, J.G., 2009. Nutrition aspects of non-prey foods in the life histories of predaceous Coccinellidae. Biological control. n°51. p. 294-305.

LYON, J.P., 1965. Influence de quelques facteurs sur l'expression du potentiel de multiplication des syrphes aphidiphages. Ann. Epiphyties. n°16. p. 397-398.

LYS, J.A. et NENTWIG, W., 1992. Augmentation of beneficial arthropods by strip-management. Surface activity, movements and activity density of abundant carabid beetles in a cereal field. Oecologia. n° 92. p. 373-382.

MACHADO, I.C., et LOPES, A.V., 2004. Floral Traits and Pollination Systems in the Caatinga, a Brazilian Tropical Dry Forest. Annals of Botany. n°94. p. 365-376.

MAILLOUX, J., LE BELLEC, F., KREITER, S., TIXIER, M.S. et DUBOIS, P., 2010. Influence of cover management on density and diversity of phytoseiid mites. Experimental and Applied Acarology. n°52. p. 275-290.

MAKRODIMOS, N., BLIONIS, G.J., KRIGAS, N. et VOKOU, D., 2008. Flower morphology, phenology and visitor patterns in an alpine community on Mt Olympos, Greece. Flora. n°203. p. 449-468.

MANSOUR, F., RICHMAN, D.B. et WHITCOMB, W.H., 1983. Spider management in agroecosystems : habitat manipulation. Environmental management. n°1. Vol. 7 p. 43-49.

MARC, P., CANARD, A. et YSNEL, F., 1999. Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication. Agriculture, Ecosystems and Environment. n°74. p. 229-273.

- MARCON, E.**, 2012. Mesures de la biodiversité. France : ECOlogie des FORêts de Guyane. 53 p.
- MARSHALL, E.J.P.** et **ARNOLD, G.M.**, 1995. Factors affecting field weed and field margin flora on a farm in Essex, UK. *Landscape and Urban Planning*. n°31. p. 205-216.
- MILJKOVIC, D.**, 2012. Developmental stability of *Iris pumila* flower traits: A common garden experiment. *Archives of Biological Science Belgrade*. n°64. p. 123-133.
- MILLENNIUM ECOSYSTEMS ASSESSMENTS**, 2003. Ecosystems and Human well being. Angleterre: IslandPress. 155 p. ISBN: 1597260401.
- MILLER, R., OWENS, S.J.** et **RØRSLET, B.**, 2011. Plants and colour: Flowers and pollination. *Optics & Laser Technology*. n°43. 13 p.
- MIZELL, R.F.**, 2004. Many plants have extraflora nectaries helpful to beneficials. Institut of Food and Agricultural Sciences. n°ENY709.
- MUSSIA, S.D.**, 2012. La filière fruits et légumes à la Réunion en bref [En ligne]. Date de mise à jour : 11/01/2012. Disponible sur <http://www.agriculture-biodiversite-oi.org/Les-pays-participants/France-Reunion/Filieres-agricoles/La-filiere-fruits-et-legumes-a-la-Reunion-en-bref>
- NENTWIG, W., FRANK, T.** et **LETHMAYER, C.**, 1998. Sown weed strips : artificial ecological compensation areas as an important tool in conservation biological control. *In*: Conservation Biological Control. Etats Unis: Barbosa Press. p. 133-153.
- NOORDJIK, J., SHCAFFERS, A.P., HEIJERMAN, T., BOER, P., GLEICHMAN, M.** et **SYKORA, K.V.**, 2010. Effects of vegetation management by mowing on ground-dwelling arthropods. *Ecological Engineering*. n°36. p. 740-750.
- NORRIS, R.F.** et **KOGAN, M.**, 2005. Ecology of interactions between weeds and arthropods. *Annual Review of Entomology*. n°50. p. 479-503.
- NOWAK, J.**, 2012. Les arthropodes. France: Editeur inconnu. 45 p.
- OBRYCKI, J.J.** et **KRING, T.J.**, 1998. Predaceous coccinellidae in biological control. *Annual Review of Entomology*. n°43. p. 295-321.
- O'DOWD, D.J.** et **PEMBERTON, R.W.**, 1998. Leaf domatia and foliar mite abundance in broadleaf deciduous forest of North Asia. *American Journal of Botany*. n°85. p. 70-78.
- OFFICE DE L'EAU REUNION**, 2013. Les bulletins sur l'eau, les milieux aquatiques et leurs usages – Chroniques de l'eau Réunion. *In* : Office de l'eau Réunion [En ligne]. Date de mise à jour : 06/05/2013. Disponible sur : < <http://www.eaureunion.fr/1151/fr/les-donnees-sur-leau/chroniques-de-leau-reunion.html>>
- OLIVIER, A.**, 1988. La lutte intégrée au cœur des enjeux de l'agriculture moderne. *In* : Protection des cultures. France. p. 15-16.
- PATT, J.M., HAMILTON, G.C.** et **LASHOMB, J.H.**, 1997. Foraging success of parasitoid wasps on flowers : Inteplay of insect morphology, floral architecture and searching behaviour. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, n° 1. Vol. 83. p. 21-30.
- PEREZ-HARGUINDEGUY, N., DIAZ, S., GARNIER, E., LAVOREL, S., POORTER, H., JAUREGUIBERRY, P., BRET-HARTE, M.S., CORNWELL, W.K., CRAINE, J.M., GURVICH, D. E., URCELAY, C., VENEKLAAS, E.J., REICH, P.B., POORTER, L., WRIGHT, I.J., RAY, P., ENRICO, L., PAUSAS, J.G., DE VOS, A.C., BUCHMANN, N., FUNES, G., QUETIER, F., HODGSON, J.G., THOMPSON, K., MORGAN, H.D., TER STEEGE, H., SACK, L., BLONDER, B., POSCHLOD, P., VAIERETTI, M.V., CONTI, G., STAYER, A.C., AQUINO, S.** et **CORNELISSEN, J.H.C.**, 2013. New

handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. Australian Journal of Botany. n°61. p. 167-234.

PETIT, S., BOURSALT, A., LE GUILLOUX, M., MUNIER-JOLAIN, N. et REBOUD, X., 2011. Weeds in agricultural landscapes. A review. Agronomy for Sustainable Development. n°31. p. 309-317.

PIFFER, L., et LUKA, H., 2003. Effects of low-input farming systems on carabids and epigeal spiders, a paired farm approach. Basic Applied Ecology. n°4. p. 117-127.

PRESSECOLOGIE, 2011. Les pesticides, notre poison quotidien? [En ligne]. Date de mise à jour : 04/04/2011. Disponible sur <http://ile-reunion.pressecoologie.com/actualite/Pesticides-notre-poison-quotidien#.USRzxh3wnSq>

PYWELL, R.F., BULLOCK, J. M., ROY, D. B., WARMAN, L. I. Z., WALKER, K. J. et ROTHERY, P., 2003. Plant traits as predictors of performance in ecological restoration. Journal of Applied Ecology. n°40. p. 65-77.

QUILICI, S., VINCENOT, D. et FRANCK, A., 2003. Les auxiliaires des cultures fruitières à l'île de la Réunion. France : CIRAD - Chambre d'Agriculture de la Réunion. 168 p. ISBN 2876145324.

RADHIKA, V., KOST, C., MITHÖFER, A., et BOLAND, W., 2010. Regulation of extrafloral nectar secretion by jasmonates in lima bean is light dependent. Proceedings of the National Academy of Sciences. n°40. Vol. 107. p. 17228-17233.

RAMIREZ, N., DEZZEOB, N. et CHACON, N., 2007. Floristic composition, plant species abundance, and soil properties of montane savannas in the Gran Sabana, Venezuela. Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants. n°4. Vol. 202. p. 316-327.

RAO, A.N., JOHNSON, D.E., SIVAPRASAD, B., LADHA, J.K. et MORTIMER, A.M., 2007. Weed Management in Direct-Seeded Rice. Advances in Agronomy. Vol. 93. p. 153-255.

RAUNET, M., 1991. Le milieu physique et les sols de l'île de la Réunion. Conséquences pour la mise en valeur agricole. France : CIRAD. 438 p.

REBEK, E.J., SADOFF, C.S. et HANKS L.M., 2005. Manipulating the abundance of natural enemies in ornamental landscapes with floral resource plants. Biological control. n°33. p. 203-216.

RICHARDS, A.J., 2001. Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield? Annals of Botany. n°88. p. 165-172.

RIEUX R., SIMON S. et DEFANCE H., 1999. Role of edgerows and ground cover management on arthropod populations in pear orchards. Agriculture, Ecosystem and Environment. n°73. p.119-127.

RIPOCHE, A., 2009. Modélisation de systèmes de culture adaptatifs : conception de stratégies flexibles d'enherbement en parcelles viticoles. Doctorat : Institut National de Recherche Agronomique de Montpellier. 148 p.

ROLAND, J. et TAYLOR, P.D., 1997. Insect parasitoid species respond to forest structure at different spatial scales. Nature. n°386. p. 710-713.

ROMERO, G.Q. et BENSON, W.W., 2005. Biotic interactions of mites, plants and leaf domatia. Current Opinion in Plant Biology. n°8. p. 436-440.

RONZON, B., 2006. Biodiversité et lutte biologique. 25 p.

- ROSCHEWITZ, I., GABRIEL, D., TSCHARNTKE, T. et THIES, C., 2005.** The effects of landscape complexity on arable weed species diversity in organic and conventional farming. *Journal of Applied Ecology*. n°42. p. 873–882.
- SAHARAOUI, L. et HEMPTINNE, J.L., 2009.** Dynamique des communautés des coccinelles (Coleoptera : Coccinellidae) sur agrumes et interactions avec leurs proies dans la région de Rouïba (Mitidja orientale) Algérie. *Annales de la Société Entomologique de France*. n°45. p. 245-259.
- SAINT MACARY, H., MEDOC, J.M. et CABALIER, P-F, 2002.** Systèmes de culture à la Réunion. *In* : Acte du séminaire. France : CIRAD. 13 p.
- SALVETER, R., 1998.** The influence of sown herb strips and spontaneous weeds on the larval stage. *Journal of Applied Entomology*. n°122. p.103-114.
- SANFORD, M.T., 1992.** Pollination of citrus by Honey Bees. Institut of food and agricultural sciences. n°RFAA092.
- SARGENT, R.D. et ACKERLY, D.D., 2007.** Plant-pollinator interactions and the assembly of plant communities. *Trends in Ecology and Evolution*. n°3. p. 123-130.
- SCHMIDT, M.H., THIES, C. et TSCHARNTKE, T., 2004.** Landscape context of arthropod biological control. *In*: *Advices in habitat manipulation for arthropods*. Australie: CSIRO. 225 p. ISBN 0643090223.
- SHANOWER, T., 2004.** Trichomes and insects. *Encyclopedia of Entomology*. n°3. p. 232-235.
- SIVINSKI, J., WAHL, D., HOLLER, T., AL DOBAI, S. et SIVINSKI, R., 2011.** Conserving natural enemies with flowering plants: Estimating floral attractiveness to parasitic Hymenoptera and attraction's relationship to flower and plant morphology. *Biological control*. n°3. Vol. 58. p. 208-214.
- TAKASU, K. et LEWIS, W. J., 1995.** Importance of adult food sources to host searching of the larval parasitoid *Microplitis croceipes*. *Biological Control*. n°5. p. 25–30.
- THIES, C., STEFFAN-DEWENTER, I. et TSCHARNTKE, T., 2003.** Effects of landscape context on herbivory and parasitism at different spatial scale. *OIKOS*. n°101. p. 18-25.
- THOMAS, M.B., 1990.** The role of man-made grassy habitats in enhancing carabid populations in arable land. *In* : *The role of ground beetles in ecological and environmental studies*. p. 77-85.
- TOOKER, J.F., HAUSER, M. et HANKS, L.M., 2006.** Floral hos plants of Syrphidae and Tachinidae (Diptera) of Central Illinois. *Entomological Society of America*. n°1. Vol.99. p. 96-112.
- TSCHARNTKE, T. et BRANDL, R., 2004.** Plant-insect interactions in fragmented landscapes. *Annual Review of Entomology*. n°49. p. 405-430.
- TSCHARNTKE, T., BOMMARCO, R., CLOUGH, Y., CRIST, T.O., KLEIJN, D., RAND, T.A., TYLIANAKIS, J.M., VAN NOUHUYS, S. et VIDAL, S., 2007.** Reprint of "Conservation biological control enemy diversity on a landscape scale". *Biological control*. n°43. p. 294-309.
- USHIMARU, A., D. KAWASE, A. et IMAMURA, 2006.** Flowers adaptively face down-slope in 10 forest-floor herbs. *Functional Ecology*. n°4. Vol. 20. p. 585-591.
- VAN MELE, P. et VAN LENTEREN, J.C., 2002.** Survey of current crop management practices in a mixed-ricefield landscape, Mekong Delta, Vietnam: potential of habitat manipulation for improved control of citrus leafminer and citrus red mite. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. n°88. p. 35-48.

- VANDEWALLE, M., DE BELLO, F., BERG, M.P., BOLGER, T., DOLEDEC, S., DUBS, F., FELD, C.K., HARRINGTON, R., HARRISON, P.A., LAVOREL, S., MARTINS DA SILVA, P., MORETTI, M., NIEMELA, J., SANTOS, P., SATTler, T., SOUSA, J.P., SYKES, M.T., VANBERGEN, A.J. et WOODCOSK, B.A.**, 2010. Functional traits as indicators of biodiversity response to land use changes across ecosystems and organisms. *Biodiversity Conservation*. n°19. p. 2921-2947.
- VATTALA, H.D., WRATTEN, S.D., PHILLIPS, C.B. et WÄCKERS, F.L.**, 2006. The influence of flower morphology and nectar quality on the longevity of a parasitoid biological control agent. *Biological control*. n°39. P. 179-185.
- VILLENAVE, J.**, 2006. Etude de la bioécologie des névroptères dans une perspective de lutte biologique par conservation. Doctorat: Institut National d'Horticulture. 241 p.
- WÄCKERS, F.L.**, 2004. Assessing the suitability of flowering herbs as parasitoid food sources: flowers attractiveness and nectar accessibility. *Biological control*. n°29. p. 307-314.
- WACKERS, F.L.**, 2001. A comparison of nectar and honeydew sugars with respect to their utilization by the hymenoptera parasitoid *Cotesia glomerata*. *Journal of Insect Physiology*. n°47. p. 1077–1084.
- WÄCKERS, F.L. et VAN RIJN, P.**, 2005. Food for protection and introduction. *In*: Plant-provided food for carnivorous insects: A protective mutualism and its applications. Cambridge University Press. 95 p.
- WANG, H., CONCHOUB, L., BESSIEREC, J.M., CAZALSD, G., SCHATZB, B. et IMBERTA, E.**, 2013. Flower color polymorphism in *Iris lutescens* (Iridaceae): Biochemical analyses in light of plant–insect interactions. *Phytochemistry*. 12 p.
- WHITECROSS, M.I. et ARMSTRONG, D.J.**, 1972. Environmental Effects on Epicuticular Waxes of *Brassica napus* L. *Australian Journal of Botany*. n°20. p. 87-95.
- WU, Y., XIE, K., ZHANG, Q., ZHANG, Y., XIE, Y., ZHANG, G., ZHANG, W. et RITSEMA, D.J.**, 2003. Crop characteristics and their temporal change on the Loess Plateau of China. *Catena* n°54. p. 7–16.

Annexes

Annexe A :












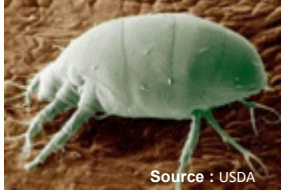

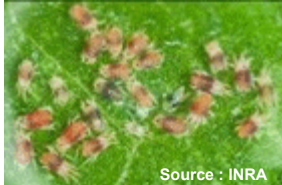
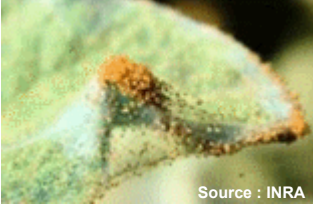

Principaux ravageurs et leurs conséquences en vergers d'agrumes (QUILICI et al., 2003 ; CIRAD, 1993 ; CIRAD, 2012 (1)).




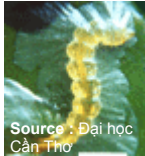











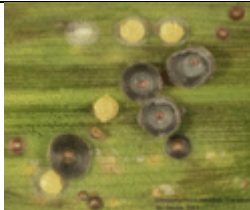

Maladie / Vecteur	Vecteur	Classe	Ordre	Famille	Symptômes et Conséquence
Teigne du citronnier	<i>Prays citri</i> Millière	Insecta	Lepidoptera	Yponomeutidae	Petits fruits, déformés ou irréguliers. Fleurs, boutons floraux et jeunes fruits perforés
Mineuse des agrumes	<i>Phyllocnistis citrella</i> Stainton	Insecta	Lepidoptera	Gracillariidae	Dépréciation de la qualité/visuel du fruit et des feuilles
Mouche des fruits	<i>Ceratitis rosa</i> <i>Pterandrus</i> Et <i>Ceratitis capitata</i> Wiedemann	Insecta	Diptera	Tephritidae	Traces de piqûres sur les fruits, dépréciation de la qualité des fruits Traces de piqûres sur les fruits, dépréciation de la qualité des fruits
Phytopte	<i>Phyllocoptruta oleivora</i> Ashmead	Arachnida	Acari	Eriophyiidae	Mince pellicule farineuse sur le fruit, dégâts sur feuilles et fruits, dépréciation de la qualité de la récolte
Tarsonème	<i>Polyphagotarsonemus latus</i> Banks	Arachnida	Acari	Tarsonemidae	Dégâts sur jeunes feuilles et fruits, dépréciation du visuel et de la qualité
Tétranyque	<i>Tetranychus urticae</i> Koch0	Arachnida	Acari	Tetranychidae	Taches brunes sur les jeunes fruits et dégâts sur feuilles, dépréciation du visuel
Thrips	<i>Scirtothrips aurantii</i> Faure	Insecta	Thysanoptera	Thripidae	Dégâts sur pousses tendres et fruits, taches sous les sépales du jeune fruit, dépréciation du visuel et de la qualité
Tristeza (pucerons)	<i>Toxoptera ciricidus</i> Kirkaldy	Insecta	Hemiptera	Aphidiae	Transmission tristeza, déformation des jeunes pousses, chute de fleurs
Aleurode	<i>Aleurothrixus floccosus</i> Maskell	Insecta	Hemiptera	Aleyrodidae	Prélèvement de sève, dégâts sur feuilles et sur fruits
Cicadelle	Nombreuses	Insecta	Hemiptera	Cicadellidae	Ponction de sève, affaiblissement de l'arbre, baisse de production de l'appareil végétatif, baisse de rendement
Cochenille	<i>Aonidiella aurantii</i> Maskell Et <i>Chrysomphalus aonidum</i> Linné Et <i>Lepidosaphes beckii</i>	Insecta	Hemiptera	Diaspididae	Baisse de production, présence de fumagine, dépérissement de la plante si forte pullulation, dépréciation visuel du fruit

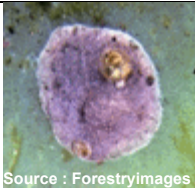
	Newman Et <i>Pseudaonidia</i> <i>trilobitiformis</i> Newman				
Greening (Psylle)	<i>Trioza erytrae</i> et <i>Diaphorina citri</i>	Insecta	Hemiptera	Psyllidae	Modification des couleurs des feuilles, jeunes pousses et des fruits. Dépérissement des arbres, longévité du verger réduite
Charançon	<i>Cratopus humeralis</i> Boheman,	Insecta	Coleoptera	Curculionidae	Dégâts sur feuilles

Annexe B :

Dégâts et ravageur responsable de ces dégâts à la Réunion en culture d'agrumes

Ravageur	Organisme	Dégâts
<i>Prays citri</i> Millière	 Source : QUILICI	 Source : QUILICI 
<i>Ceratitis rosa</i> <i>Pterandrus</i> et <i>Ceratitis capitata</i> Wiedemann	 Source : VINCENOT et al.	 Source : VINCENOT et al.  Source : DIOMEDIA
<i>Phyllocoptruta oleivora</i> Ashmead	 Source : Agrobetsup	 Source : Bayer Crop
<i>Scirtothrips aurantii</i> Faure	 Source : Queensland Government S	 Source : Forestryimages 
<i>Polyphagotarsonemus latus</i> Banks	 Source : USDA	 Source : CIRAD
<i>Tetranychus urticae</i> Koch	 Source : INRA	 Source : INRA  Source : INRA

<p><i>Toxoptera ciricidus</i> Kirkaldy</p>	 <p>Source : Trang chủ</p>	 <p>Source : ProjectNoah</p>	 <p>Source : Fruticultura</p>
<p><i>Phyllocnistis citrella</i> Stainton</p>	 <p>Source : Đại học Cần Thơ</p>  <p>Source : Grafton</p>	 <p>Source : Seif</p>	 <p>Source : Wijnand Burggraaf</p>
<p><i>Aleurothrixus floccosus</i> Maskell</p>	 <p>Source : Bottazzi</p>		
<p><i>Cratopus humeralis</i> Boheman</p>	 <p>Source : Lemaqnen et al.</p>	 <p>Source : Russel IPM</p>	
<p>Cicadelles</p>	 <p>Source : omafra.qov.on.ca</p>	<p>Symptômes varient en fonction de la cicadelle</p>  <p>Source : insect-net</p>  <p>Source : VISOflora</p>	
<p><i>Aonidiella aurantii</i> Maskell</p>	 <p>Source : Luck</p>	 <p>Source : Luck</p>	 <p>Source : Syngenta</p>
<p><i>Chrysomphalus aonidum</i> Linné</p>		 <p>Source : Olmo</p>	

<p><i>Lepidosaphes beckii</i> Newman</p>			 <p>Source : Agrorural</p>
<p><i>Pseudaonidia trilobitiformis</i> Newman</p>	 <p>Source : Forestryimages</p>		 <p>Source : Cunha et al</p>

Annexe C :

Tableau des espèces d'auxiliaires utiles après une sélection sur les déplacements, l'alimentation, la répartition et l'efficacité

Taxon	Espèce	Nourriture	Ravageurs	Type*	Niveau d'efficacité	Divers
Acari (Phytoseiidae)	<i>Amblyseius</i> (<i>Amblyseius</i>) <i>herbicolus</i> (Chant)	Polyphage (pollen, champignon microscopique, suc de plante, nectar, miellat, exsudat végétal)	Tétranyches	(G)	Bon → limité par les distances de déplacements faibles, sensible aux insecticides, acaricides, fongicides et herbicides	Se cachent dans les écorces, se déplacent sur les feuillages (pilosité foliaire positive) ; Se disperse peu ; Absent dans les cultures fortement traitées
Acari (Phytoseiidae)	<i>Phytoseiulus</i> <i>persimilis</i> Athias- Henriot	Polyphage	Tétranyches	(G)	Bon → limité dans ses déplacements, résistant au diazinon, au parathion, à la déltaméthrine, au méthidathion et à l'éthion)	Se cachent dans les écorces, se déplacent sur les feuillages (pilosité foliaire positive) ; Se disperse peu
Insecta : Coleoptera (Coccinellidae)	<i>Chilocorus</i> <i>nigritus</i> Fabricius	Polyphage (pollen et nectar)	Cochenilles (<i>Aonidiella</i> <i>aurantii</i> , <i>Chrysomphalus</i> <i>aonidum</i> , <i>Cornuaspis beckii</i> , <i>Mytilococcus gloverii</i> ...)	G	Très bon → très vorace de cochenilles, attaque tous les stades de cochenille, habitats varié	Bonne capacité de colonisation ; plus dans les zones de basse altitude mais commune, Pondent dans des gaines foliaires, boucliers de cochenilles diaspines ; plutôt en basse altitude
Insecta : Coleoptera (Coccinellidae)	<i>Clitostethus</i> <i>arcuatus</i> Rossi	Polyphage (pollen et nectar)	Aleurodes (<i>Aleurothrixus</i> <i>floccosus</i> et <i>Dialeurolonga</i> <i>simplex</i>)	G	Bon → altitude un peu limitée	Commune dans le Nord et l'Ouest de l'île, niveau de la mer à 300m d'altitude
Insecta : Coleoptera (Coccinellidae)	<i>Exochomus</i> <i>laeviusculus</i> Weise	Polyphage (pollen et nectar)	Pucerons (<i>Toxoptera</i> spp., <i>Toxoptera citricidus</i> , <i>Toxoptera aurantii</i>) ; <i>Aphis</i> <i>spiraecola</i> Patch, <i>Aphis</i> <i>fabae</i> Scopoli, <i>Aphis gossypii</i> Glover	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	Niveau de la mer à 2 000m d'altitude

Insecta : Coleoptera (Coccinellidae)	<i>Lindorus lophantae</i> Blaisdell	Polyphage (pollen et nectar)	Cochenilles (<i>Pseudaonidia trilobitiformis</i> , <i>Aulacaspis tubercularis</i> ...)	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	Commune en basse et moyenne altitude (jusqu'à 900m)
Insecta : Coleoptera (Coccinellidae)	<i>Olla v-nigrum</i> (Mulsant)	Polyphage (pollen et nectar)	Pucerons (<i>Toxoptera citricidus</i>), Psylles	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	Large gamme de nourriture, très bonne fécondité et longévité
Insecta : Coleoptera (Coccinellidae)	<i>Platynaspis capicola</i> Crotch	Polyphage (pollen et nectar)	Pucerons (<i>Toxoptera</i> sp. notamment)	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	Niveau de la mer à 800m d'altitude
Insecta : Coleoptera (Coccinellidae)	<i>Scymnus (Nephus) reunioni</i> Fürsch	Polyphage (pollen et nectar)	Cochenilles	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	Assez commune
Insecta : Coleoptera (Coccinellidae)	<i>Scymnus (Scymnus) constrictus</i> Mulsant	Polyphage (pollen et nectar)	Pucerons ; psylles et aleurodes en moindre quantité (<i>Aleurothrixus floccosus</i>)	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	Niveau de la mer à 2 200m d'altitude
Insecta : Coleoptera (Coccinellidae)	<i>Sticholotis madagassa</i> Weise	Polyphage (pollen et nectar)	Cochenilles (Diaspines)	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	Assez commune mais surtout en basse altitude
Insecta : Diptera (Syrphidae)	<i>Allobaccha sapphirina</i> (Wiedemann)	Polyphage	Pucerons	G	Bon → un parasitoïde (<i>Diplazon laetatorius</i>) limite partiellement leur action en pondant dans les pupes du syrphé	
Insecta : Diptera (Syrphidae)	<i>Allograpta nasuta</i> (Macquart)	Polyphage	Pucerons	G	Bon → un parasitoïde (<i>Diplazon laetatorius</i>) limite partiellement leur action en pondant dans les pupes du syrphé	
Insecta : Diptera (Syrphidae)	<i>Ischiodon aegyptus</i> (Wiedemann)	Polyphage	Pucerons	G	Bon → un parasitoïde (<i>Diplazon laetatorius</i>) limite partiellement leur action en pondant dans les pupes du syrphé	

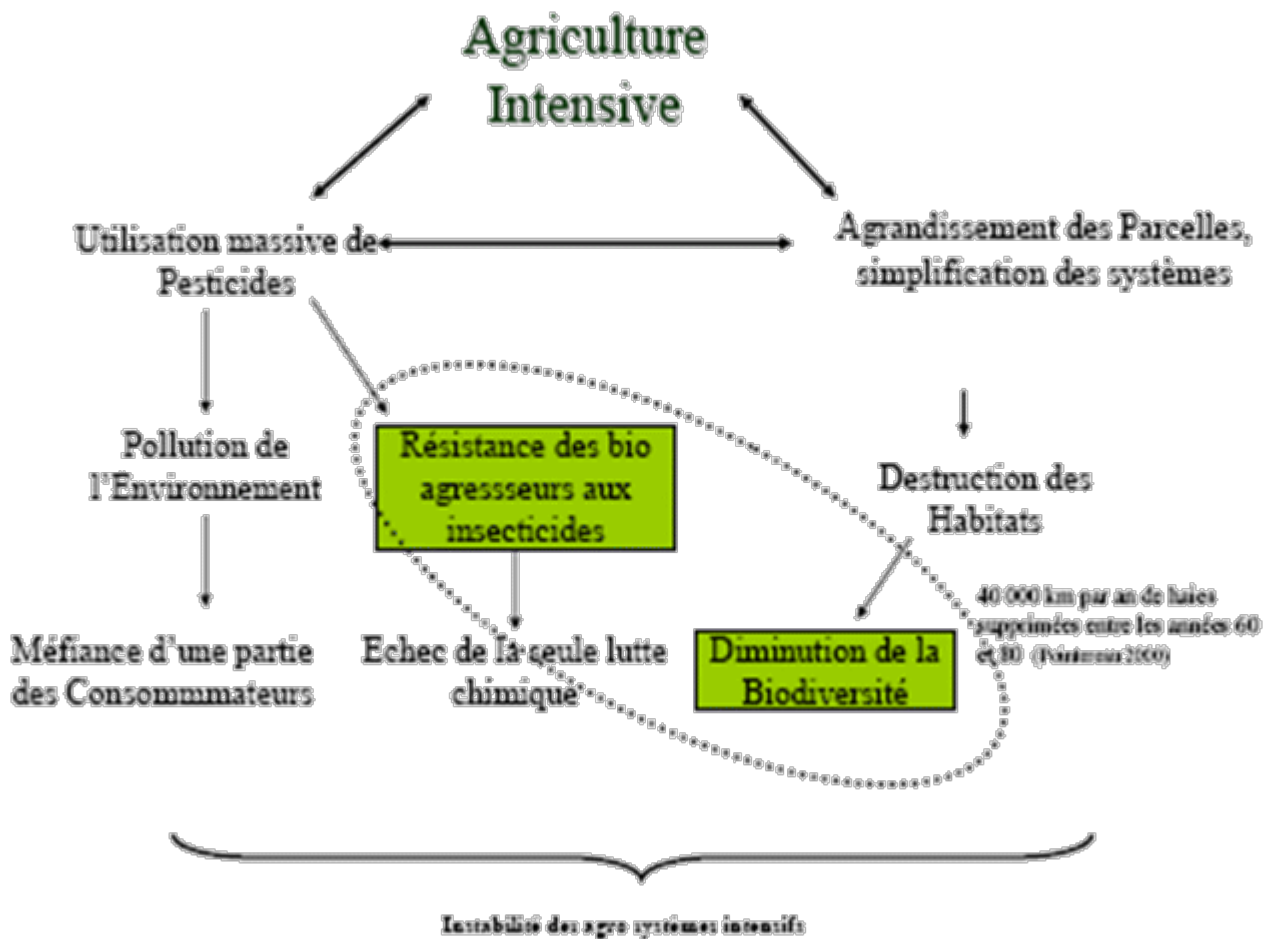
Insecta : Hymenoptera (Aphelinidae)	<i>Aphelinus gossypii</i> Timberlake	Parasitoïde Polyphage	Pucerons (<i>Toxoptera citricidus</i> , <i>Toxoptera aurantii</i>)	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	
Insecta : Hymenoptera (Aphelinidae)	<i>Aphelinus</i> sp.	Parasitoïde Polyphage	Pucerons	(G)	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	
Insecta : Hymenoptera (Aphelinidae)	<i>Aphytis holoxanthus</i> DeBach	Parasitoïde Polyphage	Cochenilles (<i>Pseudaonidia trilobitiformis</i> , <i>Aonidiella aurantii</i> , <i>Chrysomphalus aonidum</i> , <i>Cornuapsis beckii</i> ...)	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	
Insecta : Hymenoptera (Aphelinidae)	<i>Aphytis lingnanensis</i> Compere	Parasitoïde Polyphage	Cochenilles (<i>Aonidiella aurantii</i> , <i>Chrysomphalus aonidum</i> ...)	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	
Insecta : Hymenoptera (Aphelinidae)	<i>Encarsia citrina</i> (Craw)	Parasitoïde Polyphage	Cochenilles (<i>Pseudaonidia trilobitiformis</i> , <i>Aonidiella aurantii</i> , <i>Cornuapsis beckii</i> ...)	G	Très bon	
Insecta : Hymenoptera (Aphelinidae)	<i>Encarsia lounsburyi</i> (Berlese & Paoli)	Parasitoïde Polyphage	Cochenilles (<i>Chrysomphalus aonidum</i> , <i>Aonidiella aurantii</i> ...)	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	Peut assurer un contrôle suffisant de la cochenille
Insecta : Hymenoptera (Aphelinidae)	<i>Encarsia</i> sp.	Parasitoïde Polyphage	Cochenilles (<i>Aonidiella aurantii</i> , <i>Pseudaonidia trilobitiformis</i> , <i>Chrysomphalus aonidum</i> ...)	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	
Insecta : Hymenoptera (Aphelinidae)	<i>Marietta leopardina</i> Motschulsky	Parasitoïde Polyphage	Cochenilles (<i>Aonidiella aurantii</i> , <i>Cornuapsis beckii</i> ...)	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	

Insecta : Hymenoptera (Braconidae)	<i>Aphidius colemani</i> Viereck	Parasitoïde Polyphage	Pucerons (<i>Aphelinus gossypii</i> , <i>Aphelinus fabae</i> , <i>Toxoptera ciricidus</i> , <i>Toxoptera aurantii</i> ...)	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	
Insecta : Hymenoptera (Encyrtidae)	<i>Comperiella bifasciata</i> Howard	Parasitoïde Polyphage	Cochenilles (<i>Aonidiella aurantii</i> , <i>Chrysomphalus aonidum</i> ...)	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	
Insecta : Hymenoptera (Encyrtidae)	<i>Habrolepis rouxi</i> Compere	Parasitoïde Polyphage	Cochenilles (<i>Aonidiella aurantii</i> , <i>Chrysomphalus aonidum</i> ...)	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	
Insecta : Hymenoptera (Encyrtidae)	<i>Syrphophagus africanus</i> (Gahan)	Parasitoïde Polyphage	Pucerons (<i>Toxoptera</i>)	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	
Insecta : Hymenoptera (Eulophidae)	<i>Cirrospilus cinctiventris</i> Ferrière	Parasitoïde Polyphage	Mineuse des agrumes (<i>Phyllocnistis citrella</i>), lépidoptères	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	
Insecta : Hymenoptera (Eulophidae)	<i>Neochrysocharis</i> sp.	Parasitoïde Polyphage	Larves mineuses (dont celle des agrumes)	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	
Insecta : Hymenoptera (Eulophidae)	<i>Notanisomorphella borborica</i> (Giard)	Parasitoïde Polyphage	Mineuse des agrumes (<i>Phyllocnistis citrella</i>), petits lépidoptères	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	
Insecta : Hymenoptera (Eulophidae)	<i>Zagrammosoma crowei</i> (Kerrich)	Parasitoïde Polyphage	Larves mineuses (dont celle des agrumes)	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	

Insecta : Hymenoptera (Pteromalidae)	<i>Pachyneuron</i> sp.	Parasitoïde Polyphage	Pucerons (Toxoptera)	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	
Insecta : Nevroptera (Chrysopidae)	<i>Borniochrysa squamosa</i> (Tjeder)	Polyphage	Cochenilles (<i>Aonidiella aurantii...</i>)et pucerons	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	Tolère certains insecticides, Altitude et environnement très divers
Insecta : Nevroptera (Chrysopidae)	<i>Ceratochrysa antica</i> (Walker)	Polyphage	Cochenilles (<i>Aonidiella aurantii...</i>) et divers ravageurs	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	
Insecta : Nevroptera (Chrysopidae)	<i>Mallada desjardinsi</i> (Navas)	Polyphage	Pucerons et cochenilles (<i>Toxoptera citricidus</i> , <i>Aphis gossypii...</i>)	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	
Insecta : Nevroptera (Hemerobidae)	<i>Micromus plagatus</i> Navas	Polyphage	Pucerons et cochenilles	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	
Insecta : Nevroptera (Hemerobidae)	<i>Micromus timidus</i> Hagen	Polyphage	Pucerons et cochenilles (<i>Toxoptera citricidus...</i>)	G	Très bon → bon prédateur, omnivore et généraliste	

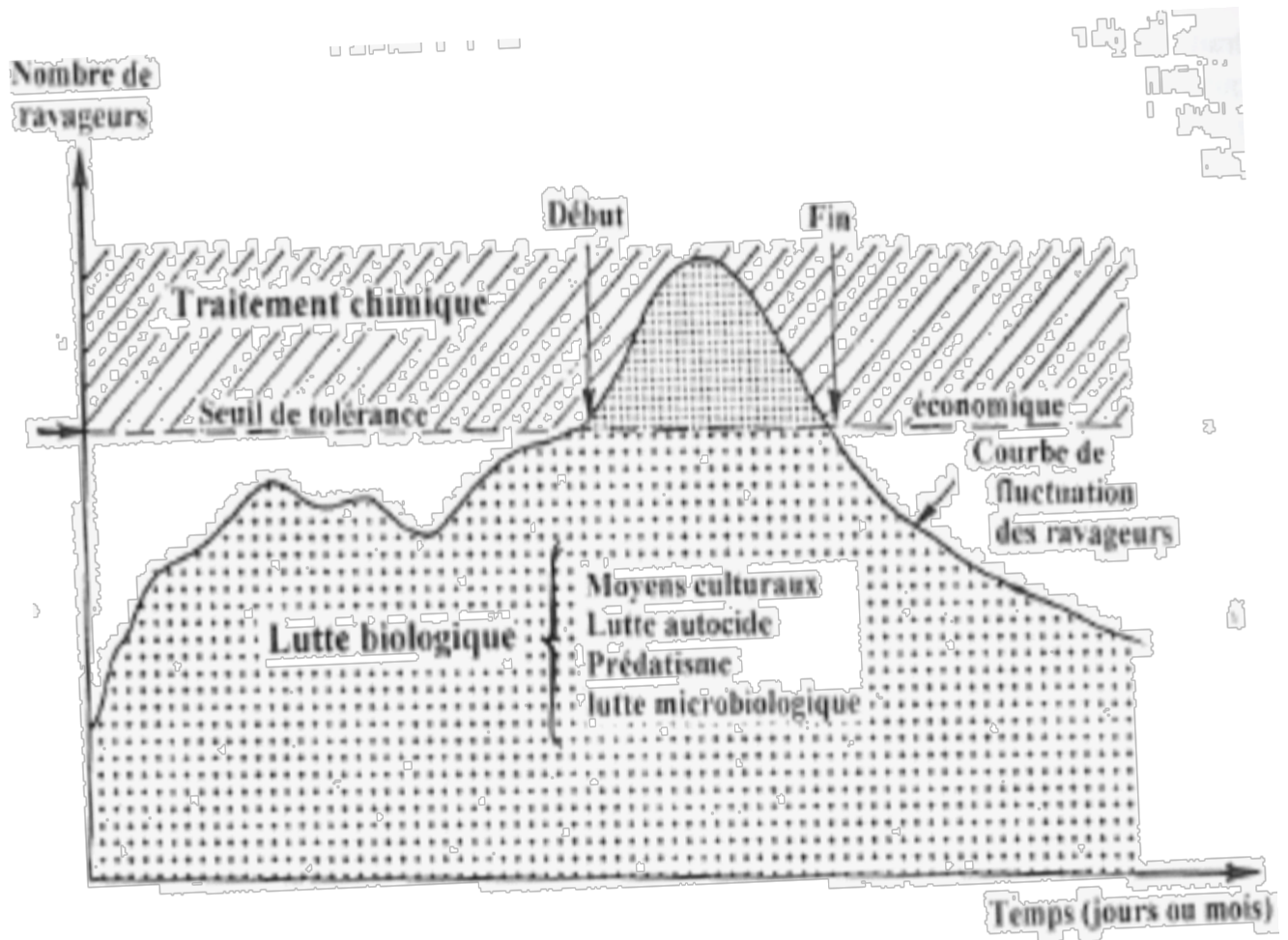
Source : QUILICI et *al.*, 2009

Annexe D :



Conséquence de l'agriculture intensive sur les agrosystèmes (Source: DEBRAS, 2007)

Annexe E :



Principes de la lutte intégrée (Source: FAURIE et *al.*, 2006)

Annexe F : Résumé des données contenues dans la fiche de chaque agriculteur

Type	Eléments	Intérêt et échelle
Parcellaire et parcelle	Nombre de parcelles, surface totale du parcellaire agrumicole, type d'agrumes	Exploitation agrumicole : Vision globale
	Date d'implantation	Sous parcelle : peut être intéressante s'il y a eu continuité des pratiques*
	Longueur et largeur de l'enherbement	Sous parcelle : Avoir une image
	Ouverture de la zone	Sous parcelle : Pourrait justifier des différences dues à l'accès pour la lumière et non des pratiques
	Culture précédente	Sous parcelle : Si implantation récente (mois de 5 ans), risques d'impact de la gestion passée sur l'enherbement présent
Traitements phytosanitaires	Modification des pratiques chimiques. Si oui, pourquoi ?	Parcelle : Propension à accepter le changement ou à être acteur de changements + Lien entre la présence des auxiliaires et les pratiques*
	Nombre et nom des insecticides et acaricides par an	Parcelle : Impact entre auxiliaire (observation) et les traitements *
	Nombre et nom des fongicides par an	Parcelle : Impact entre auxiliaire (observation) et les traitements *
	Plus, moins ou dose homologuée et en préventif ou si besoin	Avoir l'état d'esprit de l'agriculteur*
Engrais	Apport d'engrais et type (solide, liquide et chimique, organique)	Parcelle : permet de voir si le type d'engrais joue sur l'enherbement et quelle caractéristique
	Nom de l'engrais, dose d'engrais, lieu d'application de l'engrais et date de mise de l'engrais	Parcelle : permet de voir si le type d'engrais joue sur l'enherbement et quelle caractéristique
Gestion de l'enherbement	Modification de la gestion de l'enherbement ? Si non pourquoi ? Si oui, pourquoi et qu'est ce qui était fait avant (et quand) ?	Parcelle : Permettra de justifier plus tard si l'on observe une différence par une modification récente de la gestion de l'enherbement. Permet d'avoir l'état d'esprit de l'agriculteur et les raisons de ses choix*
	Gestion uniforme de la parcelle	Parcelle : voir si les différences entre sous-parcelles (si il y en a, peuvent être expliquées par une gestion différente.
	Type de gestion : débroussailluse, travail du sol,	Sous-parcelle si différent sinon parcelle : déterminer si il y a un impact direct du type

	désherbage chimique ou manuel	de gestion voir de l'utilisation de plusieurs types de gestion sur l'enherbement.
	Fréquence de passage par type de gestion	Sous-parcelle si différent sinon parcelle : déterminer si la fréquence de passage entre deux même types de gestion peut avoir un impact sur l'enherbement.
	Outils utilisés pour la gestion de l'enherbement	Sous-parcelle si différent sinon parcelle : voir si les outils utilisés peuvent aussi jouer. Par exemple un passage à 5 cm du sol avec une débroussailleuse qui ne fait que faucher ou avec une tondeuse autoportée qui broie ont-ils le même impact.
	Hauteur de fauche	Sous-parcelle si différent sinon parcelle : peut avoir une influence sur les espèces présentes dans l'enherbement
	Exportation des pailles ? Depuis quand ? Pourquoi ?	Sous-parcelle si différent sinon parcelle : Savoir si la matière organique reste sur place ou non et si cela a toujours été fait comme ça, ainsi que connaître l'état d'esprit de l'agriculteur sur ce sujet si jamais il faudrait modifier cette pratique.
	Lieu d'application de l'herbicide et nom du désherbant	Sous-parcelle si différent sinon parcelle : savoir si la pratique ne concerne que quelques zones pouvant jouer par endroit sur la présence de quelques espèces et le nom permet de savoir notamment la molécule utilisée ainsi que les doses homologuées afin de calculer un IFT herbicide
	Pratique du désherbage manuel	Sous-parcelle si différent sinon parcelle : savoir si toutes les espèces sont concernées, si c'est systématique... afin de connaître à la fois ce qui est arraché et surtout pourquoi
Irrigation	Présence d'irrigation et à quelle période ainsi que la fréquence durant cette période. Matériel d'irrigation utilisé et présence sur la parcelle.	Sous-parcelle si différent sinon parcelle : Cet élément permet de savoir s'il y a un apport d'eau sur la parcelle et de quelle manière car cela peut jouer sur la présence d'espèces moins tolérantes à la sécheresse, mais cela dépend aussi de la zone irriguer sur la parcelle autour de l'arbre.
Tassements	Tassement : engins et nombre de passage	Sous-parcelle si différent sinon parcelle : Combien d'engins possède-t-il et passe t'ils uniformément sur la parcelle. Le passage permet de déterminer si le tassement est important mais uniquement si toute la sous-parcelle au minimum subit un tassement homogène sur chacune des lignes. Cette donnée n'a pas pu être quantifiée car il y a trop d'hétérogénéité au sein même des parcelles
Perception de l'enherbement	Intérêt à garder des pailles sur la parcelle	Parcelle : dire d'expert sur la présence d'auxiliaire et sur l'évolution de l'enherbement dans le temps, liste de contraintes et d'avantages possibles à l'enherbement, avis pratiques sur l'enherbement qui pourrait servir à la recherche de solutions applicables dans la discussion du mémoire mais aussi d'éléments de discussion pour
	Changement de l'enherbement depuis quelques années	

	(sol nu, espèces...)	le futur
	Changement de l'enherbement dans l'année (sol nu, espèces...)	
	Observe ravageurs et/ou auxiliaires sur la parcelle, lesquels	
	Inconvénients de l'enherbement	
	Avantages de l'enherbement	
	Hauteur maximale acceptable de l'enherbement et raisons	
	Si changements dans la gestion, quels avantages veulent-ils y trouver	

** servira peut être dans la suite de l'étude mais non pour le mémoire*

Annexe G : Exemple de fiche de renseignement des pratiques et de la perception des agriculteurs

Nom : XX Prénom : XX	
Parcelle	
Nombre de parcelles	6
Surface totale du parcellaire	1,6
Type d'agrumes	Orange Washington navel , Mandarine Beauty , Orange Valentia late , Pomelo Henderson, Orange pays
Date d'implantation	1988 (quelques arbres en 2000 et 2008)
Longueurs et largeurs d'enherbement en moyenne par zone de relevé (petite parcelle)	Parcelle 21 : 6m interligne, 4m intraligne : 6 m de largeur et 36 m max de longueur Parcelle 22 : 6m interligne, 4m intraligne : 6 m de largeur et 28 m max de longueur Parcelle 23 : 6m interligne, 4m intraligne : 6 m de largeur et 72 m max de longueur
Zone fermée ou ouverte par relevé	Parcelle 21 : zone fermée, frondaison importante Parcelle 22 : zone ouverte, en « escalier » (peu d'arbres sur une même hauteur) Parcelle 23 : zone ouverte, en « escalier » (peu d'arbres sur une même hauteur)
Culture précédente (si moins de 5 ans)	Oui Non
Pratiques chimiques	
Avez-vous modifié vos pratiques chimiques sur la culture ?	Oui Non Pourquoi : Essai bio en 2008 puis passage en raisonné... Moins de pesticides préfère huile et microthiol
Nombre d'insecticides /acaricides (environ)	10
Nom des insecticides/acaricides	Champflo (2), Karaté zéon (2), Oviphyt (2), Synéis appât (9)
Nombre de fongicides (environ)	5
Nom des fongicides	Microthiol
De quelle manière : dose recommandée ? En préventif ou si besoin ?	Moins que dose homologuée Dose homologuée Plus que dose homologuée En préventif Si besoin
Apport d'engrais ?	Oui Non
Type d'engrais	Liquide Solide Chimique Organique
Nom de l'engrais	18/7/30 + Urée 46%
Dose d'engrais	1 kilo à la main (1,5 kilo pour les gros arbres)
Comment est appliqué l'engrais (où ?)	Sous frondaison
Nombre de passage engrais par an	3 fois par an
Dates de mise de l'engrais (mois)	Septembre, février et mars
Gestion de l'enherbement	
Avez-vous modifié votre gestion des bandes enherbées?	Oui Non Pourquoi..... Si oui, qu'est ce qui était fait avant.... (A noter désherbant sous les arbres il y a 4 ans mais arrêt depuis car trop de limon)
La parcelle est-elle gérée uniformément (enherbement) ?	Oui Non
Quelles pratiques : débroussailluse ? travail du sol ? désherbage chimique ? associations de plusieurs techniques ?	Débroussailluse Travail du sol Désherbage chimique juste sur les microjets Missile 360 Désherbage manuel
A quelle fréquence (environ) faites-vous ce travail en été ? en hiver ?	Été : Méca : Tous les mois et demi Hiver : Méca : Tous les 3 mois

Quels outils utilisez-vous pour ce travail (coupe, traitement...)?	Tondeuse autoportée Pulvérisateur à dos	<u>Débroussailleuse</u> Autres	MO
Si fauche , à quelle hauteur ? (ras du sol, 5cm...)	Ras du sol		
Si fauche , Exportez-vous les pailles ou laissez-vous celles-ci sur place ? Est-ce que ça a toujours été comme ça ?	Oui	<u>Non</u>	
	<u>Depuis toujours</u>	Cause.....	Pas d'utilité de l'enlever
	Depuis peu	Cause	
Et est-ce que vous pensez que le fait de laisser la paille, en dehors du fait que vous y soyez obligé, apporte un bénéfice ?	Cela permet un gain de temps et ça apporte quelque chose au sol		
Si désherbage chimique , appliquez-vous sur toute la parcelle ? Sur certaines espèces ? Lesquelles ? NON NOTE DANS LA BASE DE DONNEES CAR JUSTE SUR MICROJET	Toute la parcelle Sur certaines espèces	<u>Une partie de la parcelle</u> <u>Autour des microjets</u>	Sous les arbres
	Nom du désherbant :	Missile 360	
	IFT équivalent à 0		
Si désherbage manuel , pourquoi ? Sur certaines espèces ? Lesquelles ?	Systématique Pourquoi	Sur quelques espèces	<u>NC</u>
Irrigation			
Irriguez-vous ?	<u>Oui</u>	Non	
A quelles périodes irriguez-vous ? (mois)	Août à janvier		
A quelle fréquence irriguez-vous dans ces périodes ?	1 fois par semaine en période de sécheresse		
Quel type d'irrigation faites-vous : matériel d'irrigation, écartement, toute la parcelle ?	Matériel : Microjet (microaspersion) Toute la parcelle		
Perception de son enherbement			
Avez-vous vu des changements dans la composition de vos enherbements depuis quelques années?	Les chiendents (Poaceae) commencent à prendre la place des autres plantes		
Voyez-vous vu des changements dans la composition de vos enherbements dans l'année? en sol nu ? quand ?	Plus de pariétaire en période de pluie mais sinon identique		
Observez-vous plus ou moins de ravageurs ou d'auxiliaires dans l'enherbement ?	Observe surtout des fourmis mais il ne regarde pas au sol. Quelques punaises à pattes rouges et aussi des coccinelles (noires à points jaunes et rouges)		
Perception en général			
Trouvez-vous des inconvénients à l'enherbement ?	Problème dans la gestion du temps (gérer à la fois la culture et l'enherbement)		
Jusqu'à quelle hauteur acceptez-vous l'enherbement ? Pourquoi ?	10 cm acceptable Parce que plus = pb pour les traitements, les herbes colles, le travail et moins agréable et il y a des problèmes pour l'irrigation		
Trouvez-vous des avantages à l'enherbement ?	Moins d'érosion, cadre plus agréable, moins de pollution par les produits phytosanitaires et la « terre respire » (il y a aussi une notion de plus d'humidité)		
Si on change cette gestion de l'enherbement, quels avantages que vous voulez y trouver par rapport à aujourd'hui ?	Plus d'apport pour les auxiliaires Protection toujours efficace pour les produits phytosanitaires		

Annexe H: Déterminants sélectionnés et leur influence pour les couples de parcelle ayant des différences significatives

Couples de parcelles différentes en traits et mise en évidence des variables potentiellement explicatives de ces différences

	Variables explicatives différentes (déterminants)															
Couples	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1-4	x	x	x	x	x	x	x	x				x	x	x	x	
1-5	x	x		x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x
2-3									x	x	x	x	x	x	x	x
2-4			x		x			x				x	x	x		x
2-5		x			x						x	x	x	x	x	
2-6			x			x		x			x	x	x	x	x	x
3-4			x		x			x	x	x	x		x		x	
3-5		x			x				x	x	x	x	x	x	x	x
3-6			x			x		x	x	x	x	x	x	x	x	
4-5		x	x					x			x	x		x	x	x
4-6					x	x					x	x	x	x	x	
5-6		x	x		x	x		x				x	x	x	x	x

¹Désherbage mécanique ²Outil désherbage mécanique ³Désherbage chimique 4 fois par an sous frondaison ⁴Désherbage chimique régulier sur la totalité de la parcelle
⁵Désherbage manuel sous frondaison ⁶Désherbage manuel sélectif ⁷Travail du sol ⁸IFT herbicide ⁹Fertilisation organique ¹⁰Fertilisation foliaire ¹¹Nombre de passages en fertilisation chimique ¹²Irrigation ¹³Type de sol Raunet ¹⁴Pluies annuelles moyennes (mm) ¹⁵Altitude moyenne (m) ¹⁶Présence de zones humides

Influence des déterminants sélectionnés sur les traits (p-value<0,1 = significatif)

		3	5	8	11	12	13	14	15	16
Parcelle 2&6	Cire foliaire (absence)	0,14164	0,43858	0,14164	0,03887	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143	0,03887
Parcelle 3&5		0,61941	0,35012	0,61941	0,20259	0,42729	0,42729	0,42729	0,42729	0,20259
Parcelle 4&3		0,24821	0,24821	0,24821	0,24821	NA	0,24821	NA	0,24821	NA
Parcelle 4&6		0,38409	0,0472	0,38409	0,01052	0,03729	0,0472	0,03729	0,03729	NA
Parcelle 5&6		0,21193	0,21193	0,21193	NA	0,21193	0,21193	0,21193	0,21193	0,02994
Parcelle 2&5	Force de recouvrement	0,59247	0,27943	0,59247	0,12767	0,29976	0,29976	0,29976	0,29976	NA
Parcelle 3&5		0,70951	0,20478	0,70951	0,11939	0,29589	0,29589	0,29589	0,29589	0,11939
Parcelle 4&5		0,09522	0,53469	0,09522	0,0337	0,10159	0,53469	0,10159	0,10159	0,0337
Parcelle 5&6		0,32862	0,32862	0,32862	NA	0,32862	0,32862	0,32862	0,32862	0,05072
Parcelle 1&5	Morphologie de la pf	0,63449	0,12465	0,23255	0,11302	0,12465	0,23255	0,23255	0,23255	0,11302
Parcelle 2&5		0,89355	0,02506	0,89355	0,0178	0,05285	0,05285	0,05285	0,05285	NA
Parcelle 3&5		0,90085	0,0191	0,90085	0,01574	0,04639	0,04639	0,04639	0,04639	0,01574
Parcelle 4&1		0,2765	0,2765	0,2765	NA	0,2765	0,2765	0,2765	0,2765	NA
Parcelle 4&2		0,10841	0,10841	0,10841	NA	0,10841	0,10841	0,10841	0,10841	0,10841
Parcelle 4&3		0,24821	0,24821	0,24821	0,24821	NA	0,24821	NA	0,24821	NA
Parcelle 4&5		0,04526	0,80387	0,04526	0,04747	0,11677	0,80387	0,11677	0,11677	0,04747
Parcelle 4&6		0,60151	0,25059	0,60151	0,13559	0,32598	0,25059	0,32598	0,32598	NA
Parcelle 5&6		0,08221	0,08221	0,08221	NA	0,08221	0,08221	0,08221	0,08221	0,02596
Parcelle 3&2	Structure de la plante	NA	NA	NA	0,0771	0,0771	0,0771	0,0771	0,0771	0,0771
Parcelle 3&5		1	0,03855	1	0,0282	0,08339	0,08339	0,08339	0,08339	0,0282
Parcelle 3&6		0,34721	0,38409	0,34721	0,13559	0,29229	0,29229	0,29229	0,29229	NA
Parcelle 4&3		0,08326	0,08326	0,08326	0,08326	NA	0,08326	NA	0,08326	NA
Parcelle 5&6		0,15853	0,15853	0,15853	NA	0,15853	0,15853	0,15853	0,15853	0,12889
Parcelle 2&4	Taille de la pf	0,20762	0,20762	0,20762	NA	0,20762	0,20762	0,20762	0,20762	0,20762
Parcelle 1&5		0,20487	0,03349	0,10197	0,11302	0,03349	0,10197	0,10197	0,10197	0,11302
Parcelle 2&5		0,10784	0,01068	0,10784	0,07512	0,0329	0,0329	0,0329	0,0329	NA
Parcelle 2&6		0,24962	0,31187	0,24962	0,05906	0,14414	0,14414	0,14414	0,14414	0,05906
Parcelle 3&6		0,05165	0,27964	0,05165	0,00809	0,02797	0,02797	0,02797	0,02797	NA
Parcelle 4&2		0,20762	0,20762	0,20762	NA	0,20762	0,20762	0,20762	0,20762	0,20762
Parcelle 4&3		0,07959	0,07959	0,07959	0,07959	NA	0,07959	NA	0,07959	NA

Parcelle 4&5		0,00497	0,17103	0,00497	0,02786	0,01819	0,17103	0,01819	0,01819	0,02786
Parcelle 4&6		0,27964	0,51655	0,27964	0,18547	0,31438	0,51655	0,31438	0,31438	NA
Parcelle 5&6		0,00622	0,00622	0,00622	NA	0,00622	0,00622	0,00622	0,00622	0,00262
Parcelle 2&5	Tige	0,42204	0,31521	0,42204	0,10783	0,23523	0,23523	0,23523	0,23523	NA
Parcelle 3&5		0,38526	0,0532	0,38526	0,01091	0,03573	0,03573	0,03573	0,03573	0,01091
Parcelle 3&6		0,11719	0,22302	0,11719	0,01902	0,0533	0,0533	0,0533	0,0533	NA
Parcelle 4&2		0,07446	0,07446	0,07446	NA	0,07446	0,07446	0,07446	0,07446	0,07446
Parcelle 4&3		0,02016	0,02016	0,02016	0,02016	NA	0,02016	NA	0,02016	NA
Parcelle 4&6		0,59703	0,07225	0,59703	0,13083	0,19823	0,07225	0,19823	0,19823	NA

NA : les valeurs étaient identiques pour les deux parcelles étudiées

Annexe I: Résultats des tests de Wilcoxon pour la mise en évidence de différences entre les parcelles étudiées

Effectifs des traits favorables										
Taille corolle						Morphologie corolle				
1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
2	0.250	-	-	-	-	2	0.681	-	-	-
3	0.138	0.106	-	-	-	3	0.600	0.429	-	-
4	0.228	0.925	0.971	-	-	4	0.927	0.963	0.900	-
5	0.077	0.045	0.584	0.017	-	5	0.959	0.993	0.994	0.980
6	0.796	0.978	0.997	0.924	0.999	6	0.429	0.190	0.381	0.086 0.015
Pas cire						Tige creuse				
1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
2	0.5000	-	-	-	-	2	0.5000	-	-	-
3	0.2000	0.1143	-	-	-	3	0.8000	0.8857	-	-
4	0.2000	0.8000	0.9000	-	-	4	0.1383	0.0542	0.0147	-
5	0.3172	0.6002	0.9107	0.2181	-	5	0.1818	0.0638	0.0040	0.4718
6	0.1429	0.0238	0.6190	0.0048	0.0171	6	0.1429	0.1498	0.0095	0.9472 0.8683
Structure étalée						Recouvrement bon				
1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
2	0.250	-	-	-	-	2	0.250	-	-	-
3	0.200	0.057	-	-	-	3	0.200	0.200	-	-
4	0.200	0.571	0.971	-	-	4	0.200	0.114	0.557	-
5	0.455	0.815	0.988	0.813	-	5	0.214	0.946	0.948	0.986
6	0.143	0.131	0.943	0.129	0.074	6	0.143	0.357	0.666	0.762 0.029
Diversité des traits										
Nb taille corolle						Nb morphologie corolle				
1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
2	1.00	-	-	-	-	2	1.000	-	-	-
3	1.00	1.00	-	-	-	3	1.000	1.000	-	-
4	1.00	1.00	1.00	-	-	4	0.890	0.941	0.957	-
5	1.00	1.00	1.00	1.00	-	5	1.000	1.000	1.000	0.014
6	0.93	0.97	0.98	0.98	1.00	6	1.000	1.000	1.000	0.046 1.000
Nb cire						Nb tige				
1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
2	0.124	-	-	-	-	2	0.124	-	-	-
3	0.067	1.000	-	-	-	3	0.067	1.000	-	-
4	0.067	1.000	1.000	-	-	4	0.207	0.876	0.894	-
5	0.030	0.767	0.785	0.785	-	5	0.077	0.827	0.853	0.460
6	0.500	0.991	0.995	0.995	0.998	6	1.000	0.999	0.999	0.994 0.999

Différence à 5%, différence à 10%

Annexe J: Résultats des tests de Wilcoxon pour l'étude de l'influence des déterminants sur les traits des végétaux favorables aux auxiliaires
La pente est la variable explicative

Pente	Effectifs des traits favorables				
	Symétrie de l'inflorescence			Cire foliaire (absence)	
		forte	légère		forte légère
	légère	0.9471	-	légère	0.056 -
	nulle	0.2045	0.0035	nulle	0.016 1.000
	Diversité des traits				
	Symétrie de l'inflorescence				
		forte	légère		
	légère	0.172	-		
	nulle	0.012	0.145		

L'orientation de la pente est la variable explicative

Orientation de la pente	Effectifs des traits favorables											
	Symétrie de l'inflorescence						Cire foliaire (absence)					
		Nord	Nord-E	Ouest	Nulle	Sud		Nord	Nord-E	Ouest	Nulle	Sud
	Nord-E	0.200	-	-	-	-	Nord-E	0.2000	-	-	-	-
	Ouest	0.114	1.000	-	-	-	Ouest	0.2000	1.0000	-	-	-
	Nulle	0.019	0.791	0.156	-	-	Nulle	0.0084	0.8514	0.0137	-	-
	Sud	0.194	1.000	0.714	0.977	-	Sud	0.0317	0.6667	0.0357	0.5185	-
	Sud-O	0.400	1.000	0.500	0.851	0.500	Sud-O	0.4000	1.0000	1.0000	0.9588	1.000
	Structure de la plante						Force de recouvrement					
		Nord	Nord-E	Ouest	Nulle	Sud		Nord	Nord-E	Ouest	Nulle	Sud
	Nord-E	0.2000	-	-	-	-	Nord-E	0.2000	-	-	-	-
	Ouest	0.0286	0.5000	-	-	-	Ouest	0.0571	0.7500	-	-	-
	Nulle	0.0059	0.4667	0.5706	-	-	Nulle	0.0191	0.8987	0.6237	-	-
	Sud	0.0079	0.5000	0.2857	0.2294	-	Sud	0.0079	0.6168	0.1250	0.0288	-
	Sud-O	0.2000	1.0000	0.7500	0.8000	1.000	Sud-O	0.2000	1.0000	0.5000	0.2812	0.833
	Diversité des traits											
	Symétrie de l'inflorescence											
		Nord	Nord-E	Ouest	Nulle	Sud						
	Nord-E	0.3415	-	-	-	-						
	Ouest	0.1318	1.0000	-	-	-						
	Nulle	0.0043	1.0000	1.0000	-	-						
	Sud	0.0641	1.0000	1.0000	1.0000	-						
	Sud-O	0.3415	1.0000	1.0000	1.0000	1.000						

L'ouverture de la zone est la variable explicative

Ouverture de la zone	Effectifs des traits favorables	
	Couleur	Morphologie de l'inflorescence
	Fermée	Fermée
	Ouverte 0.96	Ouverte 0.97
	Nectar extrafloral (présence)	Structure de la plante
	Fermée	Fermée
	Ouverte 0.98	Ouverte 0.96
	Diversité des traits	
	Feuille	
	Fermée	
	Ouverte 0.99	

L'humidité est la variable explicative

Humidité	Diversité des traits	
	Couleur	Nectar extrafloral
	non	non
	oui 0.0065	oui 0.96
	Tige	Force de recouvrement
	non	non
	oui 0.038	oui 0.024

Le type d'habitat adjacent est la variable explicative

Type d'habitat adjacent	Diversité des traits							
	Morphologie de l'inflorescence				Symétrie de l'inflorescence			
	Agricole	Forêt	Friche	Ravine	Agricole	Forêt	Friche	Ravine
	Forêt 0.44	-	-	-	Forêt 0.44	-	-	-
	Friche 0.50	1.00	-	-	Friche 1.00	0.98	-	-
	Ravine 1.00	0.98	1.00	-	Ravine 0.50	1.00	0.50	-
	Urbain 0.50	1.00	1.00	0.50	Urbain 0.50	1.00	0.50	1.00

Annexe K: Diversité en traits pour les relevés effectués

Parcelle	Relevé	Couleur	Taille pf	Morphologie pf	Symetrie pf	Domaties	Trichomes	Nervure foliaire	Nectar extrafloral	Feuille	Cire foliaire	Tige	Structure de la plante	Force de recouvrement
1	11	7	3	3	3	1	4	2	2	2	1	2	2	4
2	21	10	3	3	3	1	4	2	2	2	2	3	2	4
	22	9	3	3	3	1	4	2	2	2	2	3	2	4
	23	11	3	3	3	1	4	2	2	2	2	3	2	4
	24	11	3	3	3	1	4	2	2	2	2	3	2	4
3	31	8	3	3	3	1	4	2	2	2	2	3	2	4
	32	10	3	3	3	1	4	2	2	2	2	3	2	3
	33	6	3	3	3	1	4	2	2	2	2	3	2	3
	34	4	3	3	3	1	3	2	2	2	2	3	2	1
4	41	9	3	3	3	1	4	2	2	2	2	3	2	3
	42	7	3	2	3	1	4	2	1	2	2	3	2	3
	43	5	3	2	3	1	4	2	2	2	2	2	2	1
	44	13	3	3	3	1	4	2	2	2	2	3	2	3
5	51	13	3	3	3	1	4	2	1	2	2	3	2	4
	52	12	3	3	3	1	4	2	1	2	2	3	2	4
	53	8	3	3	2	1	4	2	2	2	1	3	2	4
	54	6	3	3	2	1	4	2	2	2	2	2	2	4
	55	12	3	3	3	1	4	2	1	2	2	3	2	4
	56	6	3	3	3	1	4	2	1	2	2	2	2	3
	57	9	3	3	3	1	4	2	1	2	2	3	2	3
	58	6	3	3	3	1	4	2	2	2	2	3	2	3
	59	7	3	3	3	1	4	2	2	2	2	3	2	2
	510	9	3	3	3	1	4	2	2	2	2	3	2	2
6	61	5	3	3	3	1	4	2	1	2	1	2	2	2
	62	7	2	3	3	1	4	2	2	2	1	2	2	4
	63	8	3	3	3	1	4	2	2	3	2	2	2	3
	64	8	2	3	3	1	4	2	1	2	1	2	2	3
	65	8	2	3	3	1	4	2	2	2	1	2	2	2
	66	7	2	3	3	1	4	2	2	2	1	2	2	3

*pf = pièce florale

Annexe L: Classification des traits : favorable – non favorable (défavorable et neutre)

Traits	Valeur	Type*
Couleur de la pièce florale	jaune moyen, jaune clair et blanc	F
	autres couleurs	NF
Taille de la pièce florale	grande	F
	petite et nulle	NF
Morphologie de la pièce florale	ouverte	F
	fermée et Nccor	NF
	symétrique et radiaire	F
	symétrique et bilatérale, et Ncsym	NF
Trichomes	moyenne	F
	faible, glabre et importante	NF
Nervure marquée	oui	F
	non	NF
Nectar extrafloral	glandes présentes	F
	glandes absentes	NF
Feuille	complexe	F
	simple et aucune	NF
Cire épicuticulaire	absente	F
	présente	NF
Tige	creuse	F
	non creuse	NF
Structure de la plante	étalée	F
	érigée	NF
Force de recouvrement	moyennement couvrante et fortement couvrante	F
	faiblement couverte et volubile	NF
* F = Favorable		
NF= Non favorable (neutre ou défavorable)		